

**TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
HÜDROBIOLOOGIA ÕPPETOOL**

Maria Rätsep

**KARPIDE (BIVALVIA) KASVATAMINE JA
KARBIKASVATUSE KASUTUSVÕIMALUSED
KESKKONNAKAITSES**

Bakalaureusetöö

Juhendajad: Velda Lauringson
Tiia Möller

TARTU 2013

SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Karpide bioloogia	4
1.1 Ehitus ja filtreerimissüsteem	4
1.2 Sigimine.....	5
2. Kasvatatavad liigid	6
3. Karpide kasvatamise meetodid.....	9
3.1 Põhjakultuurid	9
3.2 Kasvatamine raamistikul	9
3.3 Kasvatamine vaiade küljes	10
3.4 Hõljuv-kultuurid	11
3.5 Kasvatus põhjasetetes	11
4. Karbikasvanduste kasutus	13
4.1 Toiduks inimesele.....	13
4.2 Pärlid.....	13
4.3 Kasvandused kui veepuhastajad	14
4.4 Karpide kasutamine põllumajanduses	15
4.5 Potentsiaal kalakasvandustes	17
5. Probleemid kultiveerimisel	19
5.1 Toksiinid ja raskemetallid	19
5.2 Karpide haigused ja parasiidid	20
5.3 Kiskjad ja pealiskasv	22
5.4 Kliimamõjud.....	23
5.5 Mõju põhjakooslustele.....	23
5.6 Sotsiaal-majanduslikud takistused.....	24
6. Läänemeri ja karbikasvandused	26
6.1 Karbikasvatuseks sobivad liigid Läänemeres	27
6.2 Võimalikud probleemid karpide kasvatamisel Läänemeres	28
Kokkuvõte	30
Summary	32
Tänuavaldused.....	34
Kasutatud kirjandus.....	35

Sissejuhatus

Kasvav inimasustus maailmas tekitab üha suurenevat nõudlust toidu järele. Uute alade hõivamine toidu tootmise eesmärgil toob aga endaga kaasa suurenenud väetiste kasutamise ja reovee hulga eraldumise ning rannikumered üle maailma rikastuvad üha enam lämmastiku ja fosforiga (Cloern 2001, Conley 1999, Nixon 1995). Paljud mered, lahed ja järved on eutrofeerunud, mõjutades negatiivselt kalade ja teiste veeloomade elukeskkonda.

Kuna enamus karpe on biofiltreerijad, vähendavad nad vees leiduva fütoplanktoni hulka ja parandavad vee läbipaistvust (Officer et al. 1982, Elliott et al. 2008). Karpides nähakse seetõttu üht võimalikku lahendust nimetatud probleemide leevendamiseks ning karpide kasvatamist on hakatud kaaluma kui bioloogilist vahendit eutrofeerunud veekogude seisundi parandamiseks (Haamer 1996, Lindahl & Kollberg 2009).

Karpide kultiveerimine on täielikult looduslikest ressurssidest sõltuv, karbivastsed saabuvad üldjuhul ise kasvusubstraadile (kuigi vastsete vähesus võib olla limiteerivaks faktoriks) ning toidu saavad karbid ümbritsevast veest (Smaal 2002). See tähendab, et karbid ei vaja vastupidiselt kasvatatavatele kaladele eraldi toitmist, mis on kasulik nii kultiveerijatele kui ka loodusele. Karpide toiduahel on lühike ning nad asuvad toiduvõrgustikus madalal astmel. Seetõttu on karpidel ka väga suur liha-produktsiooni potentsiaal (Tampi et al. 1988) ning kasvava toiduprobleemi tõttu maailmas on karpide kasvatamine üha tähtsamal kohal.

Käesoleva töö eesmärk on anda ülevaade karpide kasvatamise bioloogilistest alustest, karbikasvanduste kasutusvõimalustest keskkonnaseisundi parandamiseks, kasvatamisega seotud probleemidest ja viimasena ka kultiveerimisvõimalustest Läänemeres. Kuna Läänemerd loetakse üheks enim saastatud mereks maailmas ja karpe potentsiaalseks saastekäitluse objektideks, on teema aktuaalne ja inimeste informeerimine antud teemal võib aidata kaasa teaduse rakendamisega seotud probleemide vähendamisele. Antud töö üldisemaks eesmärgiks on koostada eestikeelne kokkuvõte karpide kasvatamisest ja karpide abil vee puhastamise katsetustest, kuna põhiline kirjandus antud teemal on avaldatud vaid võõrkeeles.

1. Karpide bioloogia

Karbid kuuluvad limuste ehk molluskite hõimkonda ja klassi *Bivalvia* ehk kahepoolmelised ning on bentiliste selgrootute üheks ürgsemaks rühmaks (Birštein et al. 1982). Vaatamata tohutule hulgale fossiilidele ning morfoloogiliste ja molekulaarsete tunnuste kirjeldustele ei eksisteeri veel tänini kahepoolmeliste üldtunnustatud taksonoomiat. Paljud varasemad uurimused on põhinenud ühel kindlal tunnusel (nt lõpuste morfoloogia, hammaste esinemine/puudumine, sulgurlihaste asetus jms) ning hüpoteesid on vastuolulised ja nimede skeemid ainult osaliselt kattuvad (Bieler & Mikkelsen 2006, Plazzi & Passamonti 2010). Viimane pakutud karpide taksonoomia avaldati 2010. aastal (Bouchet et al. 2010), mis hõlmab ka välja surnud liike ning on kättesaadav mereliikide andmebaasist WoRMS (www.marinespecies.org).

Karpide liikide arv on erinevatel andmetel 7500 (Gosling 2008) kuni 15000 (Birštein et al. 1982) ning enamus liikidest elab soolases vees. Karpe võib leida kõigis kliimavöötmes ning väga erinevates sügavusvahemikes, alates litoraalist kuni mitmete kilomeetrite sügavuseni (Birštein et al. 1982).

1.1 Ehitus ja filtreerimissüsteem

Karpide ehitus sõltub karbi eluviisist, elupaigast, sügavusest ning veekogu põhja omadustest, millel nad elavad, millele kinnituvad või millesse kaevuvad. Molluskite mõõtmete, ehituse ning kojapoolmete värvide mitmekesisus on suur. Järgnevalt on kokku võetud suurema osa karpide kohta sobiv üldiseloomustus (Birštein et al. 1982, Beninger & Veniot 1999, Widdows et al. 1998).

Limuse keha ümbritseb kahelt poolt koda, mis on ühendatud selgmisel poolel paikneva lukusidemega. Tänu spetsiaalsetele sulgurlihastele saab karp vastavalt vajadusele poolmeid lukustada ja avada. Paljudel karpidel on lisaks veel mitmesugune arv erineva kuju ja asetusega jätkeid ehk hambaid, mis ulatuvad koja vastaspoolmel asetsevatesse tühimikesse. Karbi pind on enamasti kaetud välise katiskihi ehk periostrakumiga ning sisepind pärilmutterkihi ehk hüpostrakumiga. Koja all peitub mantel, mis keha tagaosas on kokku kasvanud ning moodustab kaks pisikeste meelejätketega varustatud sifooni, mille kaudu toimub hingamine, toitumine (sissevoolusifoon) ja jääkide väljutamine (väljavoolusifoon).

Setetesse kaevuvatel karpidel on sifoonid eriti hästi arenenud, põhjasetete pinnal elavatel roomava eluviisiga karpidel aga väikesed. See-eest on viimastel hästi arenenud jalg, mille abil karp saab mööda põhja liikuda. Rannikulähedastes madalmeredes kõvadel põhjadel elavatel karpidel on arenenud erilised büssusniidid, millega nad ennast kivide ja kaljude külge kinnitavad.

Kõikidel karpidel puudub pea. Mantlihõlmade vahel asuvad jalg, lõpuslehed ning suusagaratega ümbritsetud suuava ja muud siseelundid. Lõpuste ja suusagarate keerulise ripsmehhanismi abil filtreerivad karbid veest toitu. Mantliõõnde sisenev vesi voolab kõigepealt õõne alumisse osasse – hingamiskambrisse; seejärel filtreerub läbi lõpustes olevate pilude, sattudes mantliõõne ülaossa ehk väljahingamiskambrisse. Suusagarail paiknevad pikkade ripsmetega varustatud ristivaokeste read, mida mööda kõige väiksemad toiduks kõlblikud osakesed suunduvad suusagara alusel paiknevasse suurenni ja edasi suuavasse (Birštein et al. 1982). Vastassuunas tegutsevate ripsmete abil veeretatakse toiduks kõlbmatud osakesed tagasi mantliõõnde ning väljutatakse kehast pseudofekaalidena (Beninger & Veniot 1999). Erilist lima eritades muudavad karbid fekaalid ja pseudofekaalid väikesteks agregaatideks, mis vajuvad põhja (Widdows et al. 1998).

1.2 Sigimine

Karbid on üldjuhul lahksoolised, kuid leidub ka hermafrodiitseid liike. Viljastamine toimub tavaliselt kehaväliselt, vahel emasisendi mantliõõnes. Karpide viljastatud munast areneb esialgu pärgvastne ehk trohhofoor, kes sarnaneb hulkharjasusside vastsetega. Rea muutuste järel saab trohhofoorist üldjuhul purjukvastne ehk veeliger, kes ujub vastavalt liigile sobivasse elupaika (Birštein et al. 1982). Kuna karpide vastsed kuuluvad planktoni koosseisu, nimetatakse karpe meroplanktoniks (Coyle & Paul 1990). Paljude mageveekarpide vastsed parasiteerivad kaladel, enamasti lõpustele või nahale kinnitudes (Piper 2007).

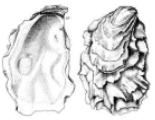
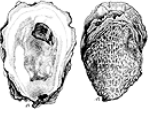
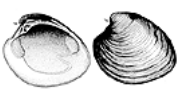
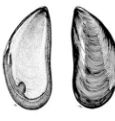





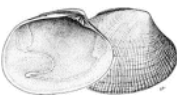
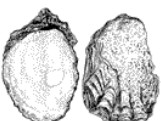

2. Kasvatatavad liigid

Teadaolevast 541 vesiviljelusel kultiveeritavast liigist 102 kuuluvad limuste hõimkonda (FAO 2012). Kahepoolmelistest kasvatatakse rannakarpe, kaevuva eluviisiga merekarpe (edaspidi merekarbid), kammkarpe ja austreid (Quayle & Newkirk 1989). Ülevaade tähtsamatest toiduks kasvatatavatest liikidest on toodud tabelis 1. Euroopas on rannakarbid (perek. *Mytilus*) teadaolevalt esimesed kasvatatavad karbid (Asokan 2009). Neist enim kasutatavad on söödav rannakarp *Mytilus edulis* ja vahemere rannakarp *Mytilus galloprovincialis*. Esimest leidub Põhja-Ameerika idarannikul ja Lääne-Euroopas; *M. galloprovincialis* elab aga põhiliselt Vahemeres, California rannikul ja Ida-Aasias (Riginos et al. 2002). Mujal maailmas on rannakarplastest oluline perekond *Perna*, keda kasvatatakse palju Tais, Filipiinidel ja Uus-Meremaal, kuid ka Aafrikas ja Kesk-Ameerikas. Tähtsamad liigid on *P. canalicus*, *P. viridis* ja *P. perna* (Vakily 1989).

Austrid on kogu maailmas väga populaarsed ja laialt kasvatatavad molluskid. Kuigi austriliike on kirjeldatud umbes sadakond, on ainult mõned laialdaselt kasvatatavad (Garrido-Handog 1990). Kiire kasvu ning hea vastupidavuse tõttu keskkonnamuutustele on enim kasvatatav liik suur hiidauster (*Crassostrea gigas*), kes introducteeriti ka Euroopasse 1970. aastatel pärast mitmetest haigustest tingitud ümara hiidaustri (*Crassostrea angulata*) taandumist (FAO 2013). Samuti on olulised liigid *Ostrea edulis* ning Austraalia ja Uus-Meremaa endeem *Saccostrea commercialis*. Väiksemal skaalal kasvatatakse maailma eri piirkondades ka vähem levinud liike (Garrido-Handog 1990).

Söödavaid merekarbi liike on palju ning maades, kus neid leidub külluslikult, korjatakse merekarpe ka otse loodusest. Kuna ressursid ei ole igavesed, püütakse asendada otsepüüki merekarpide jätkusuutliku kasvatamisega (Pellizzato & Da Ros 2005, Quayle & Newkirk 1989). Enim kasvatatavad liigid on Aasiast pärit *Ruditapes phillipinarum*, kes on introducteeritud ka Euroopasse ja Ameerika Ühendriikidesse; *Mercenaria mercenaria*, *Ruditapes decussatus* ning *Venerupis pullastra* (Quayle & Newkirk 1989, FAO 2013). Aasias väga levinud on ka *Anadara granosa* (Quayle & Newkirk 1989). Sukeldujate seas populaarseid hävimisohus hiiglaslikke merekarpe perekonnast *Tridacna* kasvatatakse mõnelpool liigi säilimise eesmärgil, viies piisavalt suureks kasvanud karbid tagasi ookeani karpide eelnevatesse kasvukohtadesse (Govan 1993).

Tabel 1. Tähtsamad toiduks kultiveeritavad liigid (FAO 2013).

	Liik	Põhilised kultiveerijad
	<i>Crassostrea gigas</i> (suur hiidauster)	Põhja-Ameerika, Kagu-Aasia piirkond, Austraalia, Lõuna-Ameerika, Lõuna-Aafrika, Euroopa
	<i>Crassostrea virginica</i> (virgiinia hiidauster)	Kanada, USA, Mehhiko
	<i>Mercenaria mercenaria</i> (harilik ebaveenuskarp)	USA
	<i>Mytilus edulis</i> (söödav rannakarp)	Kanada, USA, Rootsi, Norra, Saksamaa, Taani, Prantsusmaa, Holland, Inglismaa, Iirimaa, Hispaania
	<i>Mytilus galloprovincialis</i> (vahemere rannakarp)	Vahemere maad, Ukraina, Tuneesia, Alžeeria, Maroko, Lõuna-Aafrika
	<i>Ostrea edulis</i> (söödav auster)	USA, Lõuna-Aafrika, Norra, Inglismaa, Iirimaa, Prantsusmaa, Hispaania, Maroko, Kreeka, Holland, Horvaatia
	<i>Patinopecten yessoensis</i>	Venemaa, Hiina, Jaapan, Korea, Maroko
	<i>Perna canaliculus</i> (uus-meremaa rohekarp)	Uus-Meremaa
	<i>Ruditapes decussatus</i> (veenuskarplane)	Prantsusmaa, Hispaania, Portugal, Alžeeria, Itaalia
	<i>Ruditapes philippinarum</i> (filipiini veenuskarplane)	Hiina, Korea, Taiwan, USA, Inglismaa, Iirimaa, Prantsusmaa, Hispaania, Itaalia
	<i>Saccostrea commercialis</i>	Austraalia
	<i>Venerupis pullastra</i> (kukk-karp)	Hispaania, Portugal

Kammkarpidest, kes on ainsad ujumisvõimelised karbid, on parasvöötme vetes enim levinud suur kammkarp *Pecten maximus*. Kultiveeritakse veel erinevaid liike perekonnast *Placopecten*, *Chlamys*, *Patinopecten* ja *Argopecten* (Quayle & Newkirk 1989). Kammkarpe hakati kultiveerima hiljem, kui teisi karpe, kuid nõudlus kammkarpide hõrgu ja pehme liha järele maailmas on viinud üha rohkemate kasvanduste rajamiseni (Hardy 2008).

Kõige veidramaks kasvatatavaks karbiks võib arvatavasti pidada Vaikse ookeani kirdeosast pärit merekarpi *Panopea generosa*, kellel on ebatavaliselt pikk sifoon, mis võimaldab karbil elada kuni meetri sügavusel settes (Magic et al. 2012). Kasvava populaarsuse ja kõrge hinna tõttu Aasia turul on karbi looduslikud elupaigad ohus ning liigi kunstlik kasvatamine laienemas (Brown & Thuesen 2011).

3. Karpide kasvatamise meetodid

3.1 Põhjakultuurid

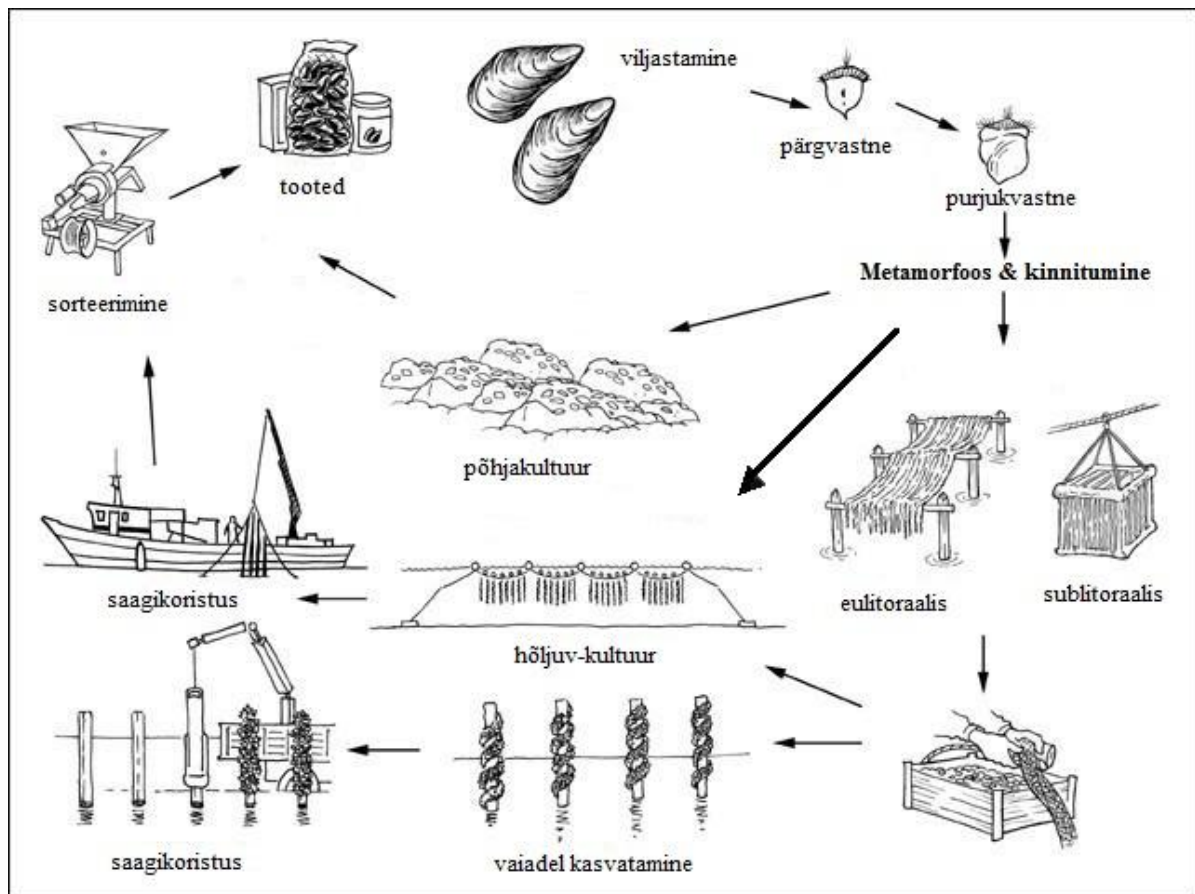
Karpide kasvatamise viisid saab põhiliselt jagada kaheks: merepõhjas ning põhjast kõrgemal kasvatamine (Vakily 1989). Karpide kasvatamiseks merepõhjas on vaja püsivat pinnast ja palju liikuvat vett, et ei tekiks muda ja et karpidel oleks piisavalt hapnikku. Noored karbid asetatakse põhjale, kuhu nad büssusniitide abil kinnituvad ja jäetakse sinna kasvama, kuni nad saavutavad piisava suuruse. Kui karbid on põhjal liiga tihedalt, vajavad nad harvendamist ja kobarate lõhkumist, et tagada ühtlane kasv (Morse & Rice 2010). Piisava suuruse saavutamise järel karbid eemaldatakse spetsiaalsete korvrehadega ning turustatakse (Quayle & Newkirk 1989).

Põhjakultuurid on üks odavamaid karpide kasvatamise viise (Morse & Rice 2010) ja sellist kultiveerimist kasutatakse Euroopas palju Hollandis (Quayle & Newkirk 1989). Põhjakultuure laastavad tihti rannakarpide peamised vaenlased – krabid ja meritähed. Röövloomade, mudastumise ja aeglase kasvu tõttu on saagikus ühiku kohta sellise kultiveerimisviisi puhul väike (Garen et al. 2004, Murray et al. 2007, Morse & Rice 2010). Positiivne on aga pealiskasvu suhteliselt harv esinemine (Quayle & Newkirk 1989).

3.2 Kasvatamine raamistikul

Tugev raamistik, mis võib olla erineva disaini ja suurusega, kinnitatakse tõusu-mõõna vööndis (eulitoraalis) maasse. Selle külge omakorda pannakse erinevast materjalist kasvusubstraat (kõied, torud, bambusevaiad jms), millele kinnituvad karbid. Tihtipeale asetatakse raamistikule või võredesse juba ette kasvatatud karbid. Merekarpide, austrite ja kammkarpide puhul on noorjärede ettekasvatamine väga levinud (Gosling 2008).

Põhjust kõrgemal kasvavad karbid kiiremini kui põhjakultuuris, sest toit on kättesaadavamal ning karbid ei pea kulutama energiat toidainet rikka biosestoni eraldamiseks mudast, mida tavaliselt veekogu põhjas leidub rikkalikult. Samuti on piiratud röövloomade võimalused molluskitest toituda. Selline kasvatusviis sobib loodete alale, kus vesi pidevalt vahetub ja viib endaga kaasa kogunevad jääained (Quayle & Newkirk 1989).



Joonis 2. Karpide tootmistsüklil erinevate kultiveerimismeetoditega (FAO 2013).

3.3 Kasvatamine vaiade küljes

Vaiadel eulitoraalis kasvatamise viis on pärit Prantsusmaalt. Aastal 1235 püüdis merehätta sattunud iiri meremees postide ja võrgu abil loodete alalt linde püüda, kuid avastas peagi, et postidele kinnitub hulgaliselt karpe. Tänapäevani on rannakarpide vaiadel kasvatamine Prantsusmaal ja ka mõnel pool Aasias levinud kultiveerimismeetod (Gosling 2008).

Juveniilsete karpide kogumiseks kasutatakse köisi, mis tõmmatakse madalate vaiade vahele horisontaalselt maapinnaga pingule. Selleks valitakse koht ja aeg, kus karbid paljunevad ning vastsed kinnituvad köitele. Kui väikesed karbid on piisavalt kasvanud, keeratakse köied tugevate vaiade ümber, mis on surutud maapinda (joonis 2). Teise variandina pannakse noored karbid torujatesse võrkudesse, mis samuti keeratakse ümber postide (Garen et al. 2004, Quayle & Newkirk 1989).

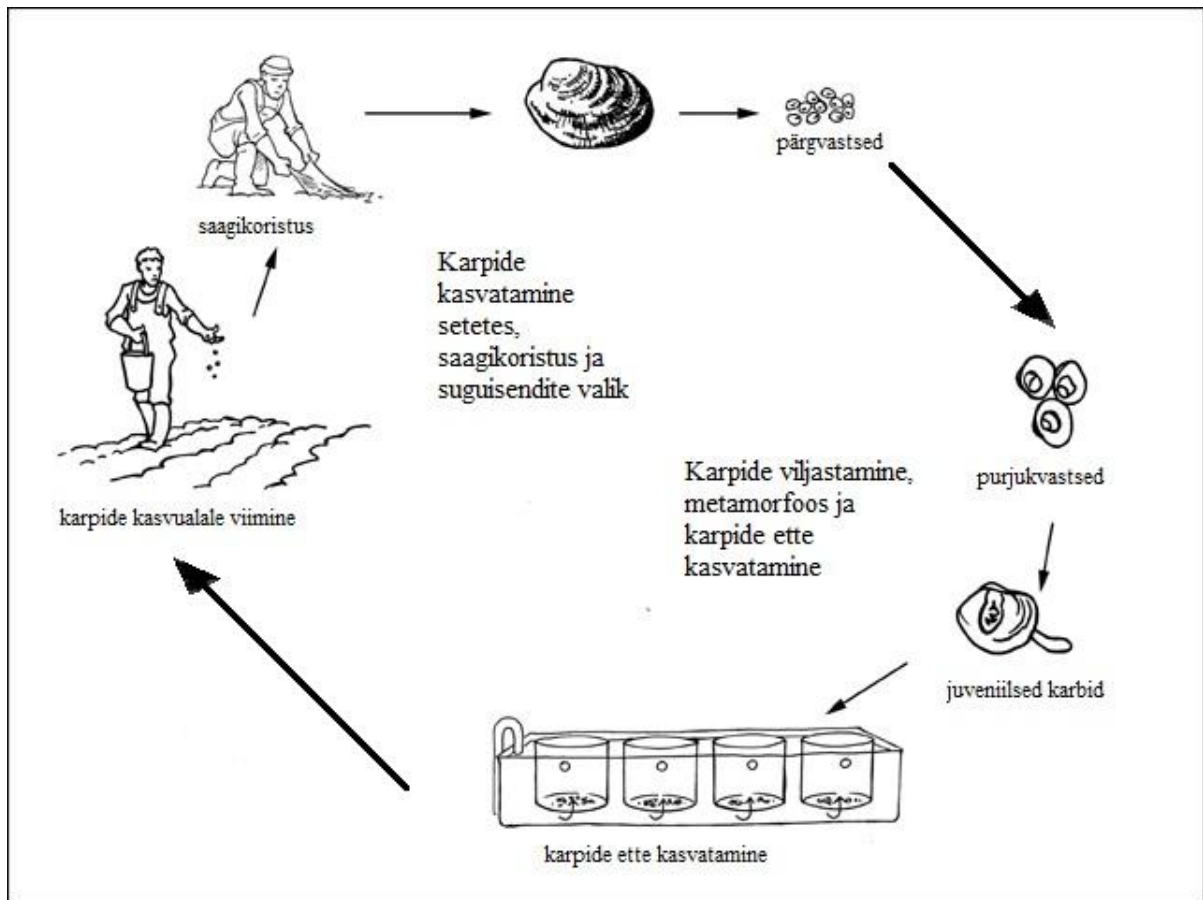
3.4 Hõljuv-kultuurid

Hõljuv-kultuure kasutatakse siis, kui kasvatamine viiakse läbi sügavas vees. Meetodeid erinevate materjalidega on palju. Levinum on kõite, pulkade, võrkude vms karpidele sobiva materjali riputamine parvede alla, mis on kinnitatud ankrutega. Parved ehitatakse puidust või bambusest ja toetatakse mõne ujuvvahendiga. Alternatiiv parvele on pikad kõied või kaablid, mis on kahest otsast ankruga põhjas kinni ning teatud intervallide tagant toetatud väikeste ujukitega (Quayle & Newkirk 1989) (joonis 2). Just viimast varianti kasutatakse näiteks Rootsis, kus karpe kasvatatakse vertikaalsetel (6m pikkustel) kõitel, mis on kinnitatud horisontaalsetele liinidele veepinnal (Lindahl et al. 2005). Sellist kasvatusviisi peetakse kõige tõhusamaks, kuna kiskjad ei pääse karpidele ligi ja kasv on kiire (arvatavasti on põhjuseks soojem pinnavesi ja hea toidu kättesaadavus). Suurimaks puuduseks on pealiskasvu sage esinemine ja ka suuremad kulud kultiveerimisel (Quayle & Newkirk 1989). Hõljuvkultuurid on praegusel ajal maailmas enim levinud meetod ning parvedel ja kõitel kasvatatakse peamiselt austreid, rannakarpe ja kammkarpe (FAO 2013, Buck et al. 2008).

3.5 Kasvatus põhjasetetes

Merekarpe, kes elavad veekogu põhjas liiva ja mudasse kaevunult, kultiveeritakse teisiti kui ülejäänud karpe. Merekarpide puhul on väga levinud ka otse loodusest püüdmine, kuna eulitoraalis mõõna ajal on neid lihtne ja odav lihtsalt kühvlitega välja kaevata (FAO 2013, Quayle & Newkirk 1989). Hispaanias viidi esimene merekarpide kunstlik kasvatamine läbi kaitstavatel puhta liivaga aladel, kus noored karbid ja täiskasvanud paigutati eraldi (Cáceres-Martínez & Figueras 1997). Praegusel ajal karbivastsed kogutakse või toodetakse tehiskeskkondades, noorjärke kasvatatakse ette ning alles hiljem viiakse pinnasesse kasvu koguma (joonis 3). Vastsed kogutakse kas karpide kasvukohas pinnast läbi sõeludes või produtseeritakse tehiskeskkondades. Viimane variant on üldiselt mõistlikum, kuna pinnases on erinevate karbiliikide vastsed segunenud ja neil on raske vahet teha. Kuna merekarbid kasvavad kõige paremini settesse kaevunult (vajavad substraadi survet) ja ei talu hästi

manipulatsioone, on kasvandustes noorjärkude suremus kõrge (Quayle & Newkirk 1989).



Joonis 3. Kaevuvate merekarpide tüüpiline tootmistsükkel (FAO 2013).

Suuremad karbid, mis viiakse eulitoraali kasvu koguma, kaetakse enamasti plastikust võrestiku või võrguga kaitseks röövloomade eest (FAO 2013). Saagikoristust viiakse läbi rehade ja labidatega käsitsi kaevates või spetsiaalseid masinaid kasutades (FAO 2013, Quayle & Newkirk 1989).

4. Karbikasvanduste kasutus

4.1 Toiduks inimesele

Arheoloogilised leiud näitavad, et karpe on toiduks korjatud juba eelajaloolisel ajal (Glassow & Wilcoxon 1988, Jones & Richman 1995). Kuigi vesiviljelus on üsna vana toidu tootmise viis, hakkas see kiiresti laienema ja tähtsust koguma alles 1970. aastate alguses (Asche et al. 2008). Tänapäeval on karbid üle maailma väga kõrgelt hinnatud toiduaine, eelkõige erilise maitse ja välimuse tõttu; lisaks sisaldab karbiliha inimestele vajalikke vitamiine ja toitaineid (Jones & Richman 1995). Viimase tõttu on molluskid eriti olulised arengumaades, kus toidu kättesaadavus ja kvaliteet on madal ning karbid kohati inimestele ainsaks loomsete valkude allikaks (Fauconneau 2002).

Ülemaailmse vesiviljeluse tööstuse arengu ja meretoidu kasvava tähtsuse tõttu on ka karpide kultiveerimine kiiresti arenenud ja laienenud. Maailma aastane rannakarpide tootmine ulatub 1,5 miljoni tonnini, millest pool toodetakse ja tarbitakse Euroopas (Lindahl 2011). 2010. aasta seisuga moodustas erinevate limuste tootmine kõikide vesiviljelusproduktide seast 23,6% ehk 14,2 miljonit tonni (FAO 2012).

4.2 Pärlid

Limuste kojapoolmete sisemuses võõrkehade ümber moodustuvad pärlid on inimkonda huvitanud juba ammu ajast, neid on peetud aareteks ning jõukuse ja võimu sümboliks. Esimesed pärlid avastati arvatavasti meie esivanemate poolt juhuslikult toiduotsingute käigus. Pärlid ja pärlmutterkihi karbipoolmeid kasutati juba siis dekoratiivesemetena ja enda ehtimiseks. Vanimad taolised leiud pärinevad Lõuna-Aafrika koobastest ning nende vanuseks on hinnatud umbes 75 000 aastat (Southgate & Lucas 2011).

Ka tänapäeval on pärlid kõrgelt hinnatud. Pärlid suudavad toota nii magavee-, kui ka merekarbid ja vastavalt liigile leidub lai valik värvusi, suurusi ja erineva kujuga pärle; kõik neist ei ole siiski väärtuslikud (Southgate & Lucas 2011, Misra & Mukhopadhyay 2008). Kuna looduslikud pärlid on haruldane leid, on alates 20. sajandi algusest hakatud pärleid kunstlikult tootma. Tootmine sai alguse Jaapanist, kuid praeguseks toodetakse 99% mageveepärlitest Hiinas (Bloom 2011, Southgate & Lucas 2011). Põhiliselt kasutatakse

pärliste tootmiseks siiski merelisi liike, austreid. Enim kasutatavad on liigid *Pinctada fucata*, *Pinctada maxima*, *Pinctada margaritifera* (Gervis & Sims 1992). Pärliaustrid eelistavad kõrget soolsust ja üsna kõrget temperatuuri, seepärast kasvatatakse neid ka peamiselt troopilistel aladel – India ja Vaikse ookeani äärsetes maades ja saartel (Chellam et al. 1991, Gervis & Sims 1992).

4.3 Kasvandused kui veepuhastajad

Üheks tähtsamaks negatiivseks inimmõjuks on toitainete fosfori ja lämmastiku liigne loodusesse paiskamine väetamise, loomapidamise, reovee merre suunamise ja fossiilkütuste põletamise läbi (Nixon 1995, Cloern 2001). Eelmainitud tegevuste tagajärjel on lämmastiku ja fosfori osakaal nii pinna- kui põhjavees pidevalt suurenenud, mis omakorda on toonud kaasa fütoplanktoni osakaalu suurenemise rannikuvetes (Cloern 2001). Kuigi maismaal tehakse suuri pingutusi selleks, et vähendada toitainete voolu merre ja saavutada hea veeseisund, võtab veekogu taastumine kaua aega (Savchuk & Wulff 2009). Seepärast on hakatud otsima võimalusi eemaldamiseks toitaineid otse merest. Üheks pakutud ja mõnelpool juba ka praktiseeritavaks meetmeks on karbikasvanduste kasutamine (Haamer 1996, Lindahl et al. 2005).

Taanis tehti lahtede veekvaliteedi parandamise täiendavate võimaluste uurimiseks väikesemahuline katsetus, mille tulemusel tõestati, et karpide tõstmisel põhjast veesambasse vee läbipaistvus suureneb (Petersen et al. 2010). Rootsis on keskkonnateenistused alates kaheksakümnendatest aastatest tunnustanud ideed kasutada karpe rannikumere veekvaliteedi parandamiseks (Lindahl & Kollberg 2009, Lindahl 2011). Seni ei ole süsteem veel suuremahuliselt kasutust leidnud, kuid viimasel ajal on sellekohaseid uuringuid tehtud rohkem, et kindlaks teha kasvanduste potentsiaal ja et kultiveerimist saaks laiendada ning ära kasutada maksimaalselt. Kuna hajureostuse likvideerimiseks rannikualadelt ei ole häid meetmeid ja enamuse üleliigseid toitaineid rannikuvetes pärinevad hajureostusallikatest (põllumajandus, sademed), võiks karpide kasvatamisel keskenduda rohkem hajusaaste kui punktreostuse (nt tehased) vähendamisele (Lindahl & Kollberg 2009).

Toitainete eemaldamist veekogust keskkonnaabiprogrammina saaks siduda ka põllumajandusega ning võtta eemaldatud toitaineid uuesti ringlusesse (vt. „Karpide

kasutamine põllumajanduses“). Kasvanduste laiendamine tähendaks ühe lisaboonusena ka uute töökohtade teket rannikualadele (Lindahl & Kollberg 2009).

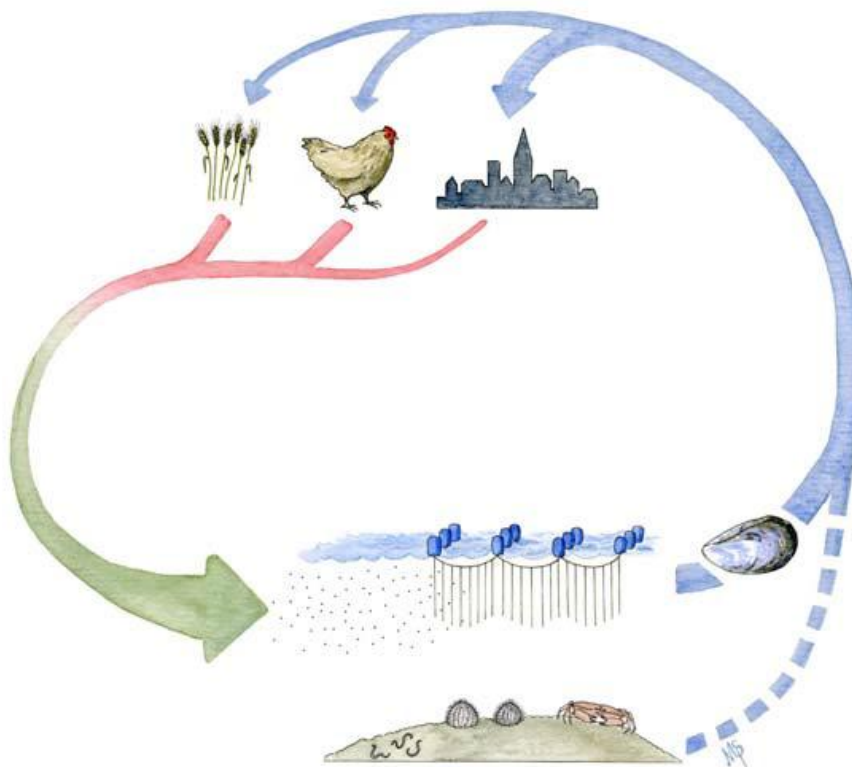
Seda, kui hästi karbikasvandused sellisel viisil eutofeerumise mõjusid vähendavad ja kas antud meede on tulus igal pool, saab näha tulevase praktiseerimise ja arengu käigus (Petersen et al. 2012). Karpide kasvatamise katsed võtavad aega aastaid ja kiiresti adekvaatse tulemuseni jõuda ei ole võimalik (Lindahl 2012a), seepärast tuleb enne laiaulatusliku kasvanduse rajamist läbi uurida kõik võimalikud takistused ja määrata kasvanduse kasulikkus.

4.4 Karpide kasutamine põllumajanduses

Karpide kasutamine põllumajandusmaal täidab kolme funktsiooni: väetamine, lupjamine ja eutrofeerumise vähendamine. Seepärast soovivad teadlased karbikasvanduste ülejäägist (liiga väikesed ja purunenud karbid, mis inimtoiduks ei sobi) toota nii väetist põldudele kui ka sööta kodulindudele ja loomadele, asendamaks kalajahu. Aladel, kus karpide kasvatamine inimtoiduks ei ole võimalik, võiks keskenduda väetiste ja sööda tootmisele (Spångberg et al. 2013). Sellisel viisil oleksid toitained pidevas ringluses maa ja mere vahel ja põllumehed ei peaks kasutama kaugelt toodud kunstlikke väetiseid (joonis 1). Samuti on karpide tootmine söödajahuks palju keskkonnasõbralikum kui kalajahu tootmine (mis on praegusel ajal laialt levinud), kuna karbid on toiduahelas palju madalamal tasemel ning kalavarud kasvava nõudluse tõttu vähenemas (Lindahl et al. 2005).

Kirjandusest võib leida märkmeid selle kohta, kuidas Eestis on rannale uhutud merekarpide kodade lademetest toodetud lupja ja samuti söödajahu kodulindudele (Järvekülg & Veldre 1963), võimalik, et seda tehakse talumajapidamistes enda tarbeks ka praegusel ajal. Et hinnata karbiliha sobivust linnusöödaks, on viidud läbi uuring, mille käigus söödeti karpe munevatele kanadele (Jönsson et al. 2011). Kuna karbiliha sisaldab kõiki vajalikke väävlirikkaid aminohappeid, mida kodulinnud vajavad (Wall et al. 2010, Lindahl et al. 2005), osutus sööt lindudele väga atraktiivseks; ka liha ja munad olid kvaliteetsed ja molluski maitseta ning palju kollasemad, kui kontrollmunad. Täheledata ka karpidest toituvate kanade sulestiku tihenemist, mis tähendaks vähem söötmist külmadel perioodidel (Lindahl 2008). Sügisel 2012 alustati uute uuringutega karbiliha sobivuse kohta sea- ja kalasöödas (Lindahl 2012b).

Karpide kojad sobivad väetiseks vilja kasvatamisel, kuna sisaldavad sobivas vahekorras lämmastikku, fosforit ja kaaliumi. Karbid elavad soolases vees ning seetõttu peab toorainet enne väetise tootmist kuivatama ja loputama, et eemaldada sool, mis mõjuks põllu viljakusele negatiivselt. Teiseks probleemiks väetise tootmisel on hais, kuna lagunevad mereannid teatavasti eritavad tugevat lehka, mistõttu võib müük osutuda keeruliseks. Ka väetiseks kasutamise hindamiseks tehti katse, kus segati karbijäägid põhu või puukoorega ning komposteeriti. Hais tekkis ainult lühiajaliselt ning lõpptulemuseks oli kenasti sätendav (karpide pärlmutterkiht) ühtlane mass, mida saab ladustada ja pakendada. Toodetud väetist viidi põllule ning tulemus oli hea, viljakus suurenes 25-50% võrreldes väetamata põlluga (Lindahl 2008).



Joonis 1. Toitainete taaskasutamise põhimõte (Lindahl 2008).

Kuna karbijahu ja väetise tootmine oleks seega kallim ja aeganõudvam, kui kalajahu tootmine ja sünteetiliste väetiste kasutamine, tuleks välja töötada meetodid, mis muudaksid tootmist odavamaks. Üks võimalik lahendus, kuidas muuta karpide kultiveerimist odavamaks, oleks riigi poolt makstav toetus karpidega tegelevatele farmeritele nende panuse eest toitainete retsirkulatsiooni, kuna see on positiivne kogu ühiskonnale (Lindahl & Kollberg 2009, Lindahl

2012b). Sellise ettepaneku kallal töötab praegu Rootsi riik ning heakskiidu korral võib süsteem tulla kasutusse juba 2014. aastal (Lindahl 2012b).

4.5 Potentsiaal kalakasvandustes

Kalade kasvatamisel sumpades tekib palju orgaanilisi ja anorgaanilisi jääkaineid nagu kasutamata jäänud sööt ning kalade väljaheited, mis satuvad ümbritsevasse keskkonda ja halvendavad vee kvaliteeti. Et vähendada vee saastamist, on lahenduseks pakutud biofiltreerijate kasutamist.

Gao ja Xu (2008) viisid Kagu-Aasias läbi eksperimendi aasia rohekarbiga (*Perna viridis*), hindamaks karpide sobivust toitainete eemaldamiseks kalafarmidest. Eksperimendis asetati kalakasvanduse alla tehisriffide külge kinnitatud noorte karpidega asustatud kõied. Aasta möödudes mõõdeti kaks korda kuus süsiniku, lämmastiku ja fosfori muutusi *in situ*. Tulemused näitasid, et kuigi karpide puhastusvõime ei olnud märgatav kõikidel kuudel (sõltudes temperatuurist, paljunemistsüklist, hapniku kontsentratsioonidest), oli see siiski märkimisväärne ning võiks leida kasutust kalakasvanduste jäätmete utiliseerimises (Gao et al. 2008). Sarnaseid positiivseid tulemusi on saanud ka teised töörühmad (Jones & Iwama 1991, Peharda et al. 2007), kuid osadel juhtudel on hinnang hoopis vastupidine.

Hispaanias tehti uurimus, kus hinnati söödava austri (*Ostrea edulis*) ja vahemere rannakarbi (*Mytilus galloprovincialis*) ning kalade huntahven (*Dicentrarchus labrax*) ja kuld-merikoger (*Sparus aurata*) polükultuuri kasulikkust. Selleks hinnati karpide kasvu ning stabiilsete isotoopide ja raskemetallide (mida eraldub kalafarmidest) sisaldust karpides pärast 3 kuud kalafarmide ümbruses erinevatel distantidel hoidmist; prognoositi, et karpidesse akumulereb filtreerimise käigus raskemetalle, nagu on tõestatud teiste uurimuste käigus (Shulkin et al. 2003). Kuigi karbid kasvasid jõudsalt, oli kasv erinevatel kaugustel kalafarmist üsna sarnane. Metallide ning isotoopide akumulatsiooni analüüsil leiti, et ainete sisaldusel karpides ei olnud seost kalafarmi jäätmetega. Tulemustest järeldati, et uuritud polükultuur ei ole jäätmete vähendamiseks sobiv strateegia (Navarrete-Mier et al. 2010). Siiski on juba praegu maailmas toimivaid polükultuure, kus koos kalade ja karpidega kasvatatakse ka vetikaid või adru, et kasutada kalasöödast tekkivad jäätmed maksimaalselt ära (Neori et al. 2004).

Kuna uurimused ja tulemused on vastandlikud, ei selgu, kas biofiltreerijate kasutamisel kalakasvatuste saaste vähendamiseks on reaalselt potentsiaali või mitte. Tuleks aga arvestada, et katseid on tehtud erinevate liikidega erinevates tingimustes ning seepärast võib teatud tingimustel süsteem toimida väga hästi. Kui ka karbid ei omasta suures osas toitaineid, mis pärinevad otse kalasööda jääkidest, puhastavad nad ümbritsevat vett ning kompenseerivad sellega siiski toitainete juurdevoolu.

5. Probleemid kultiveerimisel

5.1 Toksiinid ja raskemetallid

Kuigi karbid sisaldavad mitmeid kasulikke aineid ja toetavad tervislikku toitumist, võivad nad inimestele edasi kanda viiruseid ja haiguseid ning sisaldada ülemäärases koguses toksiine ja raskemetalle (Oliveira et al. 2011). Vesiviljeluse produktid on saasteainetega rohkem kokku puutuvad, kuna kasvandused on kontsentreeritud rannikualadele, järvedesse ja jõgede suudmetesse, kuhu koondub erinevate allikate saaste (Fauconneau 2002).

Fütoplanktoni liike ja erinevaid tüvesid, kes tekitavad toksilisi õitsenguid ja seeläbi toksiinide akumulatsiooni karpides, on mitmeid (näiteks *Dinophysis spp.*, *Alexandrium spp.*). Põhiliselt eristatakse viit tüüpi mürke, mis sageli inimestele karpe tarbides vaevusi põhjustavad: (1) diareetiline mürk (DST), (2) paralüütiline mürk (PST), (3) amneesiat põhjustav mürk (AST), (4) neurotoksiline mürk ja (5) tsüanobakteriaalsed toksiinid (Graneli et al. 1999; ref., Ackefors 2000). Diareetilise mürgi (DST) esinemine on olnud Rootsis põhiliseks raskuseks karpide kasvatamisel. DST tase suvel on tavaliselt madal, tõuseb märgatavalt sügisel ja on kõrge ka talvel ning kaob kevade saabudes (Edebo et al. 2000).

Austraalias tehtud katsetes korjati rannakarpe (*Mytilus sp.*) tsüanobakteri *Nodularia spumigena* õitsengu ajal ning leiti, et toksiinid akumulatsioonid karpides vägagi kõrgetes kontsentratsioonides. Jõuti järeldusele, et toksiliste mikroorganismide tekitatud veeõitsengute ajal ei tohiks karpe inimsöögiks korjata (Falconer et al. 1992). Seda soovitus ka üldiselt järgitakse. Karbid, mis müüakse toorelt tarbimiseks, hoitakse peale koristust puhta veega nn puhastustünnides, kuhu vahel lisatakse ka puhastavaid aineid, näiteks kloori (Cáceres-Martínez & Figueras 1997).

Erinevate toiduks kasutatavate mereliikidega tehtud analüüsis Hispaanias oli ranna- ja merekarpides raskemetallidest enim akumulunud kaadmiumit (Cd). Kaadmium, arseen (As), plii (Pb) ja elavhõbe (Hg) olid põhilised mereandides akumulunud raskemetallid. Siiski ei ületanud ained karpides lubatud kogust toidus, mis takistaks turustamist (Falcó et al. 2006). Kuna väikestes kontsentratsioonides kahjulikke aineid inimesteni siiski jõuab, on soovitatav, et perioodiliselt viidaks läbi uuringuid hindamaks toksiliste ühendite mõju ja kuhjumist inimorganismis kala ja mereandide tarbimisel (Falcó et al. 2006).

5.2 Karpide haigused ja parasiidid

Kuigi haigused on loomulik osa ökosüsteemist, on nii looduslike häirete kui ka inimtegevusest tingitud tegevuste tagajärjel suurenenud haiguste globaalne levik, mis puudutab ka mere selgrootuid (Harvell et al. 1999). On mitmeid näiteid haiguspuhangute negatiivsetest mõjudest, mida üha enam peetakse oluliseks takistuseks karpide tootmisele ja kaubandusele. Haigused võivad rünnata karpe kõikides arengujärgkudes ning levida nakatunud noorjäreude ümberasustamisel, kuna eri arengustaadiume kasvatatakse sageli erinevates paikades (Paillard et al. 2004b, Quayle & Newkirk 1989). Samuti tõuseb haiguste ja parasiitide leviku tõenäosus erinevate liikide suureneva nõudluse ja elus karpide piiriülese transpordi tõttu (Paillard et al. 2004b). Kuna karpe tarbitakse palju toorelt (või väga õrnalt küpsetatult), on haiguste ülekanne inimesele tõenäolisem kui kuumtöödeldud objekti puhul (Murchie et al. 2005).

Kuna enamus karpide haiguseid on põhjustatud parasiitide poolt, on kohati raske viimaseid eraldi käsitleda. Parasiitideks võib nimetada ka baktereid ja viiruseid (Quayle & Newkirk 1989). Veel hiljaaegu arvati, et enamus karpide haiguseid on tekitatud algloomade, seente ja viiruste poolt ning bakterid võivad mõjutada vaid vastsestaadiumeid (Bower et al. 1994). Praeguseks on teada kolm põhilist bakteriaalset haigust, mis esinevad täiskasvanud karpidel: nokardioos, austri noorjäreude nakkus ja nn “pruuni ringi haigus” (ingl. k. *brown ring disease*). Ka vibrioos, põhjustatud bakteriperekonna *Vibrio* poolt (levinud haigustekitaja ka inimestel ja kaladel) on globaalselt üsna sageli karpide produktsiooni mõjutanud, põhjustades kõrget suremust, eriti just noorjäreude seas (Gómez-León et al. 2005).

Karpidel on mitmeid parasiite, alates algloomadest kuni erinevate limusteni välja. Parasiitide põhjustatud mõju varieerub kaudsest (konkurents toidu suhtes) otsese kahjuni (koekahjustused, organismi nõrgenemine), mis halvimal juhul võib lõppeda karbi hukkumisega (Jonsson & Andé 1992, Quayle & Newkirk 1989). Üldiselt sõltub parasitismi mõju karbile parasiitide arvust peremeesorganismis (Dabouineau & Ponsero 2009), kuid parasiidid, kes kasutavad karpi ainult vaheperemehena, ei tekita tavaliselt väga suurt kahju (Wegeberg & Jensen 2003). Sellegipoolest võivad ka vähesed parasiidid põhjustada karpide nõrgenemist ning alandada kasvukiirust ja reproduktsioonivõimet (Jonsson & Andé 1992, Wegeberg & Jensen 2003).

“Pruuni ringi haiguse“ tekitaja *Vibrio tapetis* on väga tundlik kõrgetele temperatuuridele, seepärast ei esine haigust piirkondades, kus suvine veetemperatuur tõuseb üle 21° C (Paillard et al. 2004a). Allam et al. (2001) näitasid oma töös, et kõrgemad temperatuurid tõstsid karpide raku kaitsemehhanisme ja potentsiaali bakteri hävitamiseks fagotsütoosi teel. Et avastusest kasu lõigata, rajavad prantsuse karbikasvatajad haudejaamad riigi lõunarannikule, kus toodavad karpide noorjärke (Allam et al. 2001). Ka Ameerikas levinud austrite seenhaigus, mida põhjustab *Perkinsus marinum*, välditakse teadmise, et seenhaigus austreid ei nakata, kui temperatuur langeb alla 25°C ja soolsus alla 15 psu (Quayle & Newkirk 1989).

Mitmetes uurimustes (Boher et al. 1992, Power & Collins 1990) on jõutud järeldusele, et bakteriaalselt nakatunud karpe saab enne tarbimist puhastada, hoides neid teatud ajavahemikul veevahetusega tünnes. Viirustele aga selline puhastusviis ei mõju. Hilisemas uuringus on pakutud, et viiruste elimineerimiseks võiks toimida pikem ajaperiood puhastustünnes (Dore & Lees 1995).

Karpidel põhineva tööstuse areng ja sellega kaasas käiv erinevate karbiliikide kasutuselevõtu ja introductseerimise vajadus on suurendanud nende parasiitide ja haiguste levimise riski üle maailma (Bower et al. 1994). Haiguste ennetamiseks ja ohjeldamiseks on oluline usaldusväärsete ja kõlblike meetmete välja töötamine, mis pidurdaksid haiguste levikut (Paillard et al. 2004b).

5.3 Kiskjad ja pealiskasv

Karpide kasvatamisel peab arvestama ka nende looduslike vaenlastega. Põhjakultuuride puhul on põhiliseks ohuks krabid ja meritähed, kes võivad lühikese ajaga hävitada märkimisväärse osa saagist (Freites et al. 2000). Röövlomade tõrjumiseks pannakse üles lõkse, samuti puhastatakse karbikultuuri mehhaaniliselt, kuigi see ei ole eriti efektiivne ja suurendab kultiveerimiskulusid. Hõljuv-kultuuridele on kiskjate juurdepääs limiteeritud (Žydelis et al. 2009).

Olulise osa kasvandusest võivad hävitada ka linnud, kellele karbid on põhitoiduks. Šotimaal on paljud farmerid hädas hahkadega (*Somateria mollissima*), kes on köitel kultiveeritavaid karpe hakanud eelistama looduslikele populatsioonidele. Hinnanguliselt võib üks lind päeva jooksul alla neelata 1,5 – 2,7 kg rannakarpe, seega on lindudel kõrge arvukuse korral piisavalt potentsiaali suure osa saagi hävitamiseks (Furness 2000). Karpide kaitseks kasutatakse erinevaid meetmeid – kultuuride võrguga ümbritsemine, lindude peletamine paadiga taga ajades, laseriga sihtimine ja erinevate hirmutusvahendite kasutamine, näiteks röövlindude kujutised kasvanduse läheduses (Dunthorn 1971, Furness 2000, Morse & Rice 2010).

Pealiskasvuks nimetatakse väikeseid mereloomi ja taimi, mis kinnituvad vastava huviobjekti pinnale. Karbikasvandustes võivad probleeme tekitada käsnad, meriroosid, sammalloomad, vetikad, tõruvähid jms (Quayle & Newkirk 1989). Kanadas näiteks on tihtilugu probleemiks mantelloomad (Howes et al. 2007). Kui pealiskasvu on palju, võib see põhjustada karpide (eriti noorjärkude) suremust või kasvu vähenemist, kuna karpideni jõuab vähem toitu. Pealiskasv on suurem probleem hõljuvkultuuridel, kuna võib muutuda arvestatavaks lisaraskuseks ja köied (või muu materjal), võivad katkeda ning koos saagiga põhja vajuda (Quayle & Newkirk 1989). Ettevaatusabinõudest ja tõrjumisviisidest on enim levinud ja keskkonnasõbralikumad kuivatamine ja mürgitamine. Kuivatamise puhul tõstetakse kasvandus teatud perioodiks veest välja tugeva päikesevalguse kätte; see on saatuslik taimedele, vetikatele, eriti pehmekehalistele selgrootutele. Kuna viimased elavad tavaliselt kõrge soolsusega piirkondades, toimib ka mageda veega „mürgitamine“. Nii saab tõrjuda erinevaid organisme, kes on teatud tingimuste suhtes väga tundlikud (Forrest & Blakemore 2006). Karbid ja austrid taluvad üsna suurt soolsuse kõikumist ja seepärast lühiajaline muutus neid ei kahjusta (Quayle & Newkirk 1989).

Üheks vältimisviisiks on ka karpide vette viimine ajal, mil pealiskasvu tekitavate loomade vastseid eriti ei liigu. Üldiselt aga on ökonoomsem leppida kahjustustega, mida pealiskasv tekitab, kui võtta kasutusele kallid tõrjumismeetmed (kui just kahju ei ole väga suur) (Quayle & Newkirk 1989).

5.4 Kliimamõjud

Kasvuhoonegaaside kontsentratsiooni suurenemise ja ookeani ning atmosfääri temperatuuri tõusu kontekstis on üha enam hakatud tähelepanu pöörama süsinikdioksiidi voogudele mere ökosüsteemides (Sabine et al. 2004). CO₂ omastamine fotosünteesil ning vabastamine hingamise kaudu on põhilised protsessid, mille kaudu mereorganismid muudavad CO₂ kontsentratsioone merevees (Chauvaud et al. 2003). Üsna suure panuse annab ka lubjastumine, mille käigus moodustub kaltsiumkarbonaat (CaCO₃) - karpide kodade põhiline koostisosa (Lejart et al. 2012). Ühe mooli CaCO₃ ladustamisel vabaneb merevette umbes 0,6 mooli süsinikdioksiidi ($\text{Ca}^{+2} + 2\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) (Ware et al. 1992). Samas tõstab CO₂ eraldumine vee hapestumist (pH tõus), mis omakorda kiirendab CaCO₃ lagunemist (Rodolfo-Metalpa et al. 2011). Rajades laiaulatuslikke karpide kasvandusi nii toidu kui vee puhastamise eesmärgil, võib karpide rohkus põhjustada piirkonnas hapestumise kiirenemist. Siiski, surnud karpide kodade lademed, mis ajapikku merepõhjas lagunevad ja samuti vette süsinikdioksiidi eraldavad, saab karpide kultiveerimise käigus hoopis uuesti ringlusesse võtta (vt. „Põllumajandus“) ning CO₂ emissiooni seeläbi kompenseerida.

5.5 Mõju põhjakooslustele

Hinnates karbikasvanduste mõju ümbritsevale keskkonnale, on jõutud järeldusele, et väga tihe ja laiaulatuslik karbikasvandus võib põhjakooslustele negatiivset mõju avaldada (Stenton-Dozey et al. 2001, Dahlbäck & Gunnarsson 1981). Kuhjuv orgaaniline aine, mis pärineb karpide väljaheidetest ja pseudoväljaheidetest, intensiivistab lagundavate bakterite tööd ja kasvu kasvanduste all ning võib seeläbi muuta põhjasetted anoksiliseks, samuti põhjustada divesiniksulfiidhappe teket (Newell 2004, Lindahl 2008). Hapnikuta keskkonnas aga ei saa nitrifitseerivad bakterid ammoniaaki nitraatideks oksüdeerida ja suur osa lämmastikust eraldub vette ammooniumioonidena. Nitrifikatsiooni takistavad ka mürgised divesiniksulfiidid ning halvimal juhul võib kasvanduse-alune kooslus täielikult hävida (Joye & Hollibaugh 1995, Lindahl 2008). Seepärast on kasvanduste rajamisel väga tähtis hinnata

hoovuste kiirust ja vee vahetumist piirkonnas, et tagada põhjasetete regulaarne hapnikuga varustatus ning nitrifikatsiooni toimimine (Lindahl 2008).

Tasmaanias hinnati kolme erineva väga kõrge produktsiooniga karbikasvanduse mõju põhjakooslustele ning leiti, et erinevused bentilise infauna koosluses kasvanduse vahetus läheduses ja kasvandusest eemal ei olnud märgatavalt erinevad. Seetõttu järeldati, et karbikasvanduste mõju põhjakooslustele on väga väike, võrreldes kalakasvandustega peaaegu olematu, ning vajadus pidevaks seireks ja kontrolliks puudub (Crawford et al. 2003). Sarnane uurimus tehti ka Brasiilias, kus järeldus oli sama; lisaks märgiti, et liigiline mitmekesisus karbikasvanduste all oli isegi suurem kui kontrollpunktides, mis asusid kasvandusest eemal (da Costa & Nalesso 2006).

Arvatavasti on kasvanduste mõju seotud asukoha eripärade, kliimatingimuste ja liigiliste koosseisudega (Chamberlain et al. 2001), kuid väga oluline on ka kultiveerimisviis. Et kasvanduse mõju põhjakooslusele oleks positiivne, tuleks eelistada hõljuvkuultuure, kuna põhjalähedaste kultiveerimisviiside puhul on mudastumise tõenäosus suurem (Murray et al. 2007, Smaal 1991).

5.6 Sotsiaal-majanduslikud takistused

Kuna rannikumere alad on populaarsed ja üldkasutatavad ning tihtilugu ka suures osas eraomandis, ei pruugi kasvanduse rajamine olla sugugi lihtne (Sterner 2005). Kuigi karpide kasvatamisel eutrofeerumise mõjude vähendamiseks on tugev ökoloogiline väärtus, võib ulatuslik kasvandus vähendada võimalusi majanduslike huvide realiseerimiseks (näiteks kalandus, mereveoteenused, turism) (Lindahl et al. 2005, Stybel 2012). Karbikasvanduse aktsepteeritavust mõjutab ka võimalik rannikuala reostamine, kuna näiteks tugeva tormi ja kasvanduse lagunemise korral satuks merre prügi, mis võiks ohustada suuri mereimetajaid ja linde (Stybel 2012).

Kui mujal maailmas saadakse toiduks kasvatatavate karpide eest piisavalt tulu, siis vee puhastamise eesmärgil kasvandusi rajada ei oleks potentsiaalsetele ettevõtjatele piisavalt kasulik. Selle probleemi lahendaks aga eespool mainitud toetuste süsteemi elluviimine (Stybel 2012). Teine võimalus oleks toitainete eemaldamine ühendada saastekvootidega kauplemisega, kuid poliitilised otsused ja seadused selle kohta hetkel puuduvad (Lindahl

2012a). Kuna ka pärlikasvandustes nähakse potentsiaali veekogude seisundi parandamiseks (Gifford et al. 2004), oleks üheks võimalikuks lahenduseks katta karbikasvanduse kulud pärlite müügist saadava tuluga.

Uus idee on rajada karbikasvandusi tuuleparkidesse, kuna viimased pakuvad tugevat kinnitusk kohta ning asuvad eemal rannikust ja segavatest faktoritest. Tuuleparkides ei takistaks kasvandused ka erinevaid vaba aja veetmise võimalusi ega häiriks inimesi (Buck et al. 2008).

6. Läänemeri ja karbikasvandused

Karpide kasvatamine ei ole Läänemeres laialt levinud (Stybel 2012). Rootsis alustati karpide kasvatamist 1971. aastal (Loo & Rosenberg 1983) ja kultiveerimine toimub ka praegu, kuigi areng on olnud vähese nõudluse ja turustamisprobleemide tõttu aeglane (Ackefors 2000). Viimasel aastakümnel on aga eeskätt Rootsi teadlased läbi viinud mitmeid katsetusi, et hinnata karpide kasvatamise võimalusi ka mujal Läänemeres ning potentsiaalset kasu, mida üks kasvandus endaga kaasa tuua võiks; senised tulemused on olnud paljulubavad (Lindahl 2012a).

Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiiv nõuab liikmesriikidelt 2015. aastaks looduslike veekogude head keskkonnaseisundit (Stybel et al. 2009). Ainuüksi heitekoguste emissiooni vähendamisest aga ei piisa, kuna paljud piirkonnad on tugevalt eutrofeerunud; lisameetmed, nagu karpide kultiveerimine toitainete eemaldamiseks, aitaksid eesmärgile lähemale jõuda (Schernewski et al. 2012). Seetõttu on lisaks Rootsile väikesemahulisi katsetusi läbi viinud ka teised Läänemereäärsed riigid.

Toitainete eemaldamine karpide abil on tulus vaid siis, kui kasvanduste maksumus ei ületa teiste meetmete maksumust (Gren 2009). Szczecini laguunis, mis asub Saksamaa ja Poola piiril Läänemere lõunaosas, katsetatakse vee puhastamist invasiivse rändkarbi *Dreissena polymorpha* abil. Senised tulemused näitavad, et rändkarbi abil oleks vee puhastamine võimalik, kuid laiaulatusliku kasvanduse rajamine Szczecini laguuni nõuab suuri väljaminekuid ja hetkel on teised toitainete piiramise meetmed kulutõhusamad; probleemideks on madal vesi laguunis, mistõttu nõuab kasvatus rohkem investeringuid varustusele (kõied/võrgud ei saa olla väga pikad ning veepealne konstruktsioon peab seetõttu olema mahukam); samuti vähene vee liikumine ja võimalikud raskused *D. polymorpha* turustamisel. Kaalutud on nn veekvaliteedi maksu turistidele, kes piirkonda külastavad. Uuring 2008. aastal näitas, et turistid on nõus vee kvaliteedi ja läbipaistvuse parandamise nimel ka maksma. Eelmainitust ja karpide müügist saadavast tulust aga ei piisaks ja tuleks leida veel rahalisi vahendeid (Stybel et al. 2009, Schernewski et al. 2012).

Soomlased viisid aastatel 2010-2012 läbi katsetuse Ahvenamaal, hindamaks karpide kasvatamise efektiivsust madalama soolsusega alal. Tulemused olid positiivsed: organismide küllus ja liikide koguarv kasvanduse ümbruses ületas kontrollpunktide (500 ja 1000 m

kaugemal) tulemusi ning fosfori ja klorofüll-a sisaldus kasvandust ümbritsevas vees oli väiksem, kui kontrollpunktides. Arvutades karpide potentsiaali toitainete vähendamisel, saadi tulemuseks, et 1 t karpe eemaldaks veekogust umbes 8,8 kg lämmastikku ja 0,7 kg fosforit (Diaz & Kraufvelin 2012). Väikesemahuline katsetus liigiga *D. polymorpha* on käimas ka Eestis, Pärnu lahes, kuhu 2012. aastal viidi sisse kõitega hõljuv-kultuur (avaldamata andmed, Velda Lauringson).

Läänemeres on levinum kasvatusmeetod hõljuv-kultuurid. Norralased on välja töötanud uue tehnoloogia, mis toimib hästi ja kogub populaarsust – karpide kasvatamine köitest võrgul, mis on ühendatud ujuvvahendiga: pika toruga (ingl. k. “*Smartfarm*”). Selliseid üksuseid võib üksteise kõrvale asetada palju. Meetod on disainitud suuremahuliseks karpide kasvatamiseks ja seda kasutatakse juba mitmel pool maailmas (van Deurs 2012). Sellist kultiveerimisviisi kasutati ka Ahvenamaal tehtud katsetustes (Diaz & Kraufvelin 2012).

6.1 Karbikasvatuseks sobivad liigid Läänemeres

Läänemere kesk- ja põhjaosas ei ole võimalike kasvatatavate karpide valik väga lai, kuna mere soolsus on madal ja karpide kasv seetõttu väike. Võttes aluseks vee puhastamise potentsiaali, on kõige väljapaistvamad filtreerijad Läänemeres söödav rannakarp *Mytilus edulis* ja rändkarp *Dreissena polymorpha* (Öst & Kilpi 1997). *D. polymorpha* domineerib aladel, kus soolus jääb alla 5 psu, kuid on leitud ka kuni 7 psu soolusega aladelt. Viimasel juhul on aga paljunemine vähetõenäoline. Soolasema veega elupaigad hõivab *M. edulis*, kelle filtreerimisvõime on suurem kui karbil *D. polymorpha* (Fong et al. 1995, Kotta et al. 2005). Mida suuremaks muutub soolsus, seda väiksem on *D. polymorpha* filtreerimismäär (Kotta et al. 2005). Karpide filtreerimis- ja toitainete omastamisvõime võib siiski olla väga erinev sõltuvalt tingimustest (Kreeger & Newell 2001). *Mytilus* talub suurt soolusevahemikku, kuid kasvab paremini ning suuremaks soolasemas vees - seepärast on karpe inimese toiduks tulus kasvatada Läänemeres vaid Taani väinade juures, kus veevahetus soolase ookeaniga on piisavalt suur (Newell 2004). Läänemere kesk- ja põhjaosas võiks rannakarpi siiski kasutada vee puhastamiseks ja sööda/väetise valmistamiseks.

Magedamas vees, nagu jõesuudmetes ja isegi järvedes võiks kasutada rändkarpi, kes on näiteks Põhja-Ameerika Suures Järvistus ohtralt levinud ja seeläbi suuresti vee hāgusust vähendanud, tarbides suurtes kogustes fütoplanktonit (MacIsaac et al. 1999, Lowe & Pillsbury

1995). Rootsis hinnati rändkarbi kasvatamise võimalusi Elkoni järves ning järelitati, et *D.polymorpha* on sobiv liik vee kvaliteedi parandamiseks ja toitainete eemaldamiseks (Goedkoop et al. 2011).

Kui kasvatamine Läänemeres areneb ja muutub tavalisemaks, võiks kaaluda ka merekarpide kasvatamist. Läänemeres tavaline liiva-uurikkarp *Mya arenaria* on näiteks mujal maailmas populaarseks toiduaineiks. Samuti on söödav 2005. aastal Belgiast (Verween et al. 2006) ja hiljuti Vistula laguunist avastatud Põhja-Ameerikast pärit riimveeline karp *Rangia cuneata* (Rudinskaya & Gusev 2012), kes võib levida laguunist ka kaugemale Läänemerele.

Võõrliike, keda Läänemerele veel levinud ei ole, ei tasuks siiski kasvatamiseks kaaluda, kuna enamasti tekitavad võõrliigid kahju kohalikele ökosüsteemidele ja võivad kaasa tuua ettearvamatuid muutusi liigilises koosseisus. Võõrliikidel võivad puududa uues elupaigas looduslikud vaenlased (haigused, parasiidid), ning seetõttu võivad nad kohalike liikide ees märkimisväärselt edu saavutada (Calvo-Ugarteburu & McQuaid 1998). Nii on jõudnud austrite transpordiga Euroopasse ka meretigu *Crepidula fornicata*, kes nüüd laialdaselt levib ja uusi paiku asustab ning mõjutab pealiskasvnu negatiivselt karpide kasvandusi (Blanchard 1997).

6.2 Võimalikud probleemid karpide kasvatamisel Läänemeres

Karpide kasvatamiseks Läänemeres on üheks suurimaks katsumuseks madal temperatuur ja talvine jääkate. Viimaste aastate väga külmad talved ja paks jää on Läänemeres tehtavaid katsetusi seganud, viies endaga kaasa nii kinnitunud karpe kui ka osa varustusest (Lindahl 2012a). Kotta, Orav-Kotta et al. (2005) leidsid oma katsetes liikidega *M. edulis* ja *D. polymorpha*, et alla 8° C on karpide toitumiskiirus madalam olenemata leiduva toidu hulgast. Selle üheks võimalikuks põhjuseks võib olla vee viskoossuse suurenemine temperatuuri langedes (Kotta et al. 2005). Kogemuste põhjal on jõutud järeldusele, et Läänemerele rajatavad kasvandused peavad olema vastupidavad muutlikele ilmastikutingimustele; tõenäoliselt peaksid nad asetsema allpool vee jäätumispääri (Lindahl 2012a). Nõnda on tehtud viimastel aastatel Poolas, kus samuti viiakse läbi katsetusi jätkusuutliku kasvanduse rajamise eesmärgil Gdanski lahte (Zgud 2012).

Teiseks probleemiks on Läänemere madal soolsus. Rannakarbid ei kasva nii suureks kui ookeanis ning produktsioon kasvanduse ühiku kohta on väiksem. Samas on leitud, et

Läänemere keskosas on karpide liha protsent haprama karbikoja tõttu suurem ning eraldamata massist saaks toota kõrge valgusisaldusega sööta (munevatele kanadele), mis kataks ka kanade kaltsiumi vajaduse. Vahele jääks seega kulukas karpide kodadest eraldamine (Lindahl 2012a).

Läänemeres leiab aeg-ajalt aset toksilisi veeõitsenguid, mis võivad samuti karpide tootmist mõjutada (vt. „Toksiinid ja raskemetallid“). Rootsi idarannikul katsetatavas kasvanduses läbi viidud riskianalüüsi käigus ei leitud siiski karpidest selliseid toksiinide ja raskemetallide kontsentratsioone, mis ületaksid lubatud piiri ja takistaksid karpide kasutamist sööda või väetise valmistamisel (Lindahl 2012a). See aga ei tähenda, et kõikides Läänemere piirkondades probleem puudub ning on võimalik, et probleemi lahendamine vajab suuri lisakulutusi.

Karpide kasvanduste rajamine nõuab suuri investeeringuid (varustus, tööjõud, tehnika jm) ning kui kasvatus ei tasu end ära, ei ole jätkusuutlik ega mõttekas kasvandusi ka rajada. Võimalik, et osad Läänemere piirkonnad osutuvad karbikasvanduste rajamiseks ebasobivaks, kuid kõik see selgub edasiste katsetuste ja analüüsi käigus.

Kuigi Läänemere siseosas puuduvad karpidest toituvad meritähed, on Läänemere elama asunud mudakrabi *Rhithropanopeus harrisii* ja hiina villkäppkrabi *Eriocheir sinensis* (Ojaveer et al. 2007, Kotta & Ojaveer 2012), kelle mõju kasvandustele Läänemere vetes ei ole veel teada, kuid kes võiksid olla potentsiaalsed mõjutajad. Rohkem kahju suudaksid kiskjad tekitada küll põhjakultuuridele, kuid esialgu ei ole põhjakultuuridena karpide kasvatamine prioriteediks. Kuna särjed on võimelised kõrvaldama märkimisväärt kogust täiskasvanud rannakarpe (Westerbom et al. 2006), võivad ka nemad kasvanduste edukust Läänemeres mõjutada. Samuti võivad karpide biomassi vähendada karpidest toituvad linnud, näiteks hahad (vt. „Kiskjad ja pealiskasv“).

Selge on see, et tingimused Rootsi läänerannikul ei vasta tingimustele Läänemere keskosas. Mida kaugemale ookeanist ja lähemale Arktikale, seda suuremad on kulutused ja seda rohkem ka katsumusi (Gren et al. 2009). Kuna Läänemeri on eutrofeerunud ning karbikasvatuste kasutamine vee kvaliteedi parandamisel andnud häid tulemusi, tasub uurimist eutrofeerumise negatiivsete mõjude vähendamise nimel jätkata.

Kokkuvõte

Käesolevas töös on antud ülevaade karpide kasvatamise bioloogilistest alustest, karbikasvanduste kasutusvõimalustest keskkonnaseisundi parandamiseks, kasvatamisega seotud probleemidest ja kultiveerimisvõimalustest Läänemeres. Töö üldiseks eesmärgiks oli koostada antud teemal eestikeelne ülevaade, kuna karpide kasvatamise kohta leidub kirjandust vaid võõrkeeles.

Karbid on maailmas laialdaselt levinud, liikide arv on erinevatel andmetel 7500 kuni 15000 ning karpe võib leida kõikidest kliimavöötmest. Töenduslikult kultiveeritakse austreid, rannakarpe, merekarpe ja kammkarpe. Levinumad kasvatatavad liigid on suur hiidauster, rannakarpidest perekonnad *Mytilus* ja *Perna*, kammkarpidest perekonnad *Pecten* ja *Plactopecten* ning merekarpide liigid *Ruditapes philippinarum*, *Venerupis pullastra* ja *Mercenaria mercenaria*. Kõige tõhusamaks kasvatusviisiks peetakse hõljuv-kultuure, kuna karpide kasv hea toidu kättesaadavuse tõttu on kiire ning kiskjate ligipääs piiratud.

Karbid sisaldavad inimestele vajalikke vitamiine ja toitained ning karpe kasvatatakse enamjaolt toidu tootmise eesmärgil; troopilistel aladel aga ka hinnaliste pärlite saamiseks. Viimasel ajal on hakatud katsetama karpide kasvatamist vee puhastamiseks ja toitainete ringlusesse viimiseks, et vähendada tekkivat saasteainete kogust, mis põhjustab veekogude eutrofeerumist. Enim soovitatakse karpide kasvatamist kasutada hajureostuse likvideerimiseks rannikualadelt, kuna teised tõhusad meetmed selleks puuduvad. Karpide abil saaks veekogust eemaldada põllumajandusest pärinevad toitained ning viia karbid väetisena tagasi põllule; seeläbi väheneks lisaväetiste kasutamine ja paraneks veekogude kvaliteet. Karpe tahetakse ära kasutada ka kalafarmides tekkiva toitainete ülejäägi likvideerimiseks, kuid meetme rakendamine vajab veel edasist uurimistööd.

Kasvanduste rajamisega erinevatel eesmärkidel kaasneb mitmeid probleeme, nagu karpide haigused, parasiidid, pealiskasv. Suurimaks takistuseks karpide kasvatamisel toiduks, loomasöödaks ja väetiseks on toksiinide ja raskemetallide akumulatsioon karpides. Et vältida toksiinide kahjulikku mõju, tuleks saagikoristust läbi viia ajal, mil piirkonnas ei esine toksilisi veeõitsenguid, kuna karpidel on üsna kõrge isepuhastusvõime; samuti saab karpe peale koristust puhastada spetsiaalsetes puhastustünnides. Probleemideks on ka võimalik negatiivne mõju põhjakooslustele, veekeskonna hapestumine ja inimeste vastuseis,

kuna kasvandused võivad vähendada võimalusi majanduslike ja sotsiaalsete huvide realiseerimiseks rannikualal.

Kuna Läänemerd loetakse üheks saastunumaks mereks maailmas, oleks karpide kasvatamine vee puhastamise eesmärgil Läänemeres vägagi põhjendatud. Rootsis on saadud katsetuste käigus juba positiivseid tulemusi, kuid ei ole kindel, kas kasvandus tasuks end ära kõikides Läänemere piirkondades. Põhja pool on tingimused karmimad ning nõuavad kasvanduste kasulikkuse välja selgitamiseks pikemaajalist uurimistööd. Sobivamad liigid Läänemeres kasvatamiseks on *Mytilus edulis*, keda Taani väinade juures saab piisava soolsuse tõttu kasvatada ka inimtoiduks, ning invasiivne *Dreissena polymorpha*.

Bivalve cultivation and potential use in environmental protection

Summary

The purpose of this study was to give an overview of bivalve farming bases; possibilities of using bivalve farming as an environmental tool; problems connected to bivalve farming and cultivation possibilities in the Baltic Sea. The more general purpose was to make a review of the subject in Estonian, as literature about bivalve farming is published only in foreign languages.

Bivalves are widespread in the world, they can be found in every climate zone and the number of species ranges from 7,500 to 15,000 according to various data. Oysters, mussels, clams and scallops are cultivated industrially. Most commonly grown species are Pacific cupped oyster, mussel species from families *Mytilus* and *Perna*, scallops *Pecten* and *Plactopecten* and clams *Ruditapes philippinarum*, *Venerupis pullastra* and *Mercenaria mercenaria*. The most efficient way of farming is by suspended culture, as the growth of bivalves is fast due to good food availability and limited access of predators.

Bivalves contain vitamins and nutrients necessary for people and bivalves are mostly cultivated for food; valuable pearls are also produced (in the tropics). Recently, new experiments on bivalve cultivation for water treatment and nutrient recycling measure have been carried out to reduce the amount of pollutants that cause eutrophication in water bodies. Using bivalve farming to eliminate diffuse pollution from coastal waters is most widely recommended as other effective measurements for that purpose do not exist. With the help of bivalve cultivation, agricultural nutrients could be removed from the water and brought back on land as fertilizer; thereby the usage of additional fertilizers would decrease and water quality would improve. Bivalves could also be used in fish farming to remove the excess nutrients, but deploying the measure needs further research.

There are several problems associated with bivalve farm establishment for different purposes like bivalve diseases, parasites, fouling organisms. The biggest obstacle for bivalve production for human consumption, animal feed and fertilizer is the accumulation of toxins and heavy metals in bivalves. To exclude the harmful impact of toxins, harvesting should be conducted at the time when no toxic algal blooms occur in the region, as bivalves have a quite high self-cleaning ability; also, bivalves can be cleansed in special depuration tanks after harvesting. Possible negative effect on benthic communities, water acidification and people's reluctance can also be a problem, as bivalve farms might reduce the possibilities to realize economic and social interests in coastal areas.

As the Baltic Sea is said to be one of the most polluted seas in the world, using bivalve farming in the sea to improve water quality would be highly justified here. Positive results during trials have already been obtained in Sweden, but it is yet unclear, if mussel farms are profitable in all the Baltic Sea areas. Conditions in further North get harsher and need long-term research to ascertain bivalve farming utility. Suitable species for cultivation in The Baltic Sea are *Mytilus edulis*, who (near the Danish straits) can also be used to produce food for human consumption, and invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha*.

Tänuavaldused

Tänan oma juhendajaid Velda Lauringsoni ja Tiia Möllerit, kes olid töö valmimisel väga suureks abiks. Samuti tänan Liina Pajusalu, Anette-Helene Rätsepat, Kaisa Haugast, Sigrid Seppa ja Elor Seppa abi ja nõuannete eest.

Kasutatud kirjandus

- Ackefors, H. (2000) Review of Swedish regulation and monitoring of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, 16, 214-223.
- Allam, B., Ashton-Alcox, K. A. Ford, S. E. (2001) Haemocyte parameters associated with resistance to brown ring disease in *Ruditapes spp.* clams. *Developmental & Comparative Immunology*, 25, 365-375.
- Asche, F., Roll, K. H. Tveterås, S. 2008. Future trends in aquaculture: productivity growth and increased production. In *Aquaculture in the Ecosystem*, 271-292. Springer.
- Asokan, P. (2009) Present status of mussel farming-Winter School on Recent Advances in Breeding and Larviculture of Marine Finfish and Shellfish.
- Beninger, P. G. Veniot, A. (1999) The oyster proves the rule: mechanisms of pseudofeces transport and rejection on the mantle of *Crassostrea virginica* and *C. gigas*. *Mar Ecol Prog Ser*, 190, 179-188.
- Bieler, R. Mikkelsen, P. M. (2006) Bivalvia—a look at the branches. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 148, 223-235.
- Birštein, J. A., Vlastov, B. V., Giljarov, M. S., Zenkevitš, L. A., Ivanov, A. V., Matekin, P. V., Filatova, Z. A., Akimuškin, I. I., Beljajev, G. M., Baranova, Z. I., Vinogradova, N. G. Zatsepin, V. I. 1982. *Loomade elu 2. köide. Selgrootud II*. Tallinn "Valgus".
- Blanchard, M. (1997) Spread of the slipper limpet *Crepidula fornicata* (L. 1758) in Europe. Current state and consequences. *Scientia Marina (Barcelona)*, 61.
- Bloom, S. G. 2011. *Tears of Mermaids: The Secret Story of Pearls*. St. Martin's Press.
- Boher, S., Piclet, G., Beril-Stien, S., Masson, D., Delonce, R., Biziagos, E. Schwartzbrod, L. 1992. Viral contamination and depuration of oysters under field conditions. In 2.

Conference Internationale sur la Purification des Coquillages, Rennes (France), 6-8 Apr 1992.

- Bouchet, P., Rocroi, J.-P., Bieler, R., Carter, J. G. Coan, E. V. (2010) Nomenclator of bivalve families with a classification of bivalve families. *Malacologia*, 52, 1-184.
- Bower, S. M., McGladdery, S. E. Price, I. M. (1994) Synopsis of infectious diseases and parasites of commercially exploited shellfish. *Annual Review of Fish Diseases*, 4, 1-199.
- Brown, R. A. Thuesen, E. V. (2011) Biodiversity of Mobile Benthic Fauna in Geoduck (*Panopea generosa*) Aquaculture Beds in Southern Puget Sound, Washington. *Journal of Shellfish Research*, 30, 771-776.
- Buck, B. H., Krause, G., Michler-Cieluch, T., Brenner, M., Buchholz, C., Busch, J., Fisch, R., Geisen, M. Zielinski, O. (2008) Meeting the quest for spatial efficiency: progress and prospects of extensive aquaculture within offshore wind farms. *Helgoland Marine Research*, 62, 269-281.
- Cáceres-Martínez, J. Figueras, A. (1997) The mussel, oyster, clam, and pectinid fisheries of Spain. *NOAA Technical Report NMFS*, 129.
- Calvo-Ugarteburu, G. McQuaid, C. (1998) Parasitism and introduced species: epidemiology of trematodes in the intertidal mussels *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 220, 47-65.
- Chamberlain, J., Fernandes, T., Read, P., Nickell, T. Davies, I. (2001) Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 58, 411-416.
- Chauvaud, L., Thompson, J. K., Cloern, J. E. Thouzeau, G. (2003) Clams as CO₂ generators: The *Potamocorbula amurensis* example in San Francisco Bay. *Limnology and Oceanography*, 48, 2086-2092.

- Chellam, A., Victor, A., Dharmaraj, S., Velayudhan, T. Rao, K. S. (1991) Pearl oyster farming and pearl culture. *FAO Corporate Document Repository*.
- Cloern, J. E. (2001) Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210, 223-253.
- Conley, D. J. (1999) Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*, 410, 87-96.
- Coyle, K. Paul, A. (1990) Abundance and biomass of meroplankton during the spring bloom in an Alaskan Bay. *Ophelia*, 32, 199-210.
- Crawford, C. M., Macleod, C. K. A. Mitchell, I. M. (2003) Effects of shellfish farming on the benthic environment. *Aquaculture*, 224, 117-140.
- da Costa, K. G. Nalesso, R. C. (2006) Effects of mussel farming on macrobenthic community structure in Southeastern Brazil. *Aquaculture*, 258, 655-663.
- Dabouineau, L. Ponsero, A. (2009) Synthesis on biology of Common European Cockle *Cerastoderma edule*.
- Dahlbäck, B. Gunnarsson, L. (1981) Sedimentation and sulfate reduction under a mussel culture. *Marine Biology*, 63, 269-275.
- Diaz, E. Kraufvelin, P. (2012) A mussel farm in the Baltic proper. *Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*.
- Dore, W. J. Lees, D. N. (1995) Behavior of *Escherichia coli* and male-specific bacteriophage in environmentally contaminated bivalve molluscs before and after depuration. *Applied and environmental microbiology*, 61, 2830-2834.
- Dunthorn, A. (1971) The predation of cultivated mussels by eiders. *Bird study*, 18, 107-112.

- Edebo, L., Haamer, J., Lindahl, O., Loo, L.-O. Piriz, L. (2000) Recycling of macronutrients from sea to land using mussel cultivation. *International Journal of Environment and Pollution*, 13, 190-207.
- Elliott, P., Aldridge, D. C. Moggridge, G. D. (2008) Zebra mussel filtration and its potential uses in industrial water treatment. *Water Research*, 42, 1664-1674.
- Falcó, G., Llobet, J. M., Bocio, A. Domingo, J. L. (2006) Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54, 6106-6112.
- Falconer, I., Choice, A. Hosja, W. (1992) Toxicity of edible mussels (*Mytilus edulis*) growing naturally in an estuary during a water bloom of the blue-green alga *Nodularia spumigena*. *Environmental toxicology and water quality*, 7, 119-123.
- FAO (2012) The state of world fisheries and aquaculture.
<http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf> (viimati külastatud 28.04.2013).
- FAO (2013) Cultured Aquatic Species Information Programme.
<http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/search/en> (viimati külastatud 03.05.2013).
- Fauconneau, B. (2002) Health value and safety quality of aquaculture products. *Revue de médecine vétérinaire*, 153, 331-336.
- Fong, P. P., Kyojuka, K., Duncan, J., Rynkowski, S., Mekasha, D. Ram, J. L. (1995) The effect of salinity and temperature on spawning and fertilization in the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) from North America. *The Biological Bulletin*, 189, 320-329.
- Forrest, B. M. Blakemore, K. A. (2006) Evaluation of treatments to reduce the spread of a marine plant pest with aquaculture transfers. *Aquaculture*, 257, 333-345.
- Freites, L., Himmelman, J. H. Lodeiros, C. J. (2000) Impact of predation by gastropods and crabs recruiting onto culture enclosures on the survival of the scallop *Euvola ziczac*

- (L.) in suspended culture. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244, 297-303.
- Furness, B. (2000) How to keep eider ducks off mussel farms. *Shellfish News*, 10, 8-10.
- Gao, Q.-F., Xu, W.-Z., Liu, X.-S., Cheung, S. G. Shin, P. K. (2008) Seasonal changes in C, N and P budgets of green-lipped mussels *Perna viridis* and removal of nutrients from fish farming in Hong Kong. *MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES*-, 353, 137.
- Garen, P., Robert, S. Bougrier, S. (2004) Comparison of growth of mussel *Mytilus edulis* on longline, pole and bottom culture sites in the Pertuis Breton, France. *Aquaculture*, 232, 511-524.
- Garrido-Handog, L. (1990) OYSTER CULTURE.
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB737E/AB737E03.htm#ch3> (viimati külastatud 03.05.2013).
- Gervis, M. Sims, N. A. 1992. *The Biology and Culture of Pearl Oysters: Bivalvia: Pteriidae*. The WorldFish Center.
- Gifford, S., Dunstan, R., O'Connor, W., Roberts, T. Toia, R. (2004) Pearl aquaculture—profitable environmental remediation? *Science of the total environment*, 319, 27-37.
- Glassow, M. A. Wilcoxon, L. R. (1988) Coastal adaptations near Point Conception, California, with particular regard to shellfish exploitation. *American Antiquity*, 36-51.
- Goedkoop, W., Naddafi, R. Grandin, U. (2011) Retention of N and P by zebra mussels (*Dreissena polymorpha* Pallas) and its quantitative role in the nutrient budget of eutrophic Lake Ekoln, Sweden. *Biological invasions*, 13, 1077-1086.
- Gómez-León, J., Villamil, L., Lemos, M., Novoa, B. Figueras, A. (2005) Isolation of *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio splendidus* from aquacultured carpet shell clam (*Ruditapes decussatus*) larvae associated with mass mortalities. *Applied and environmental microbiology*, 71, 98-104.

- Gosling, E. 2008. *Bivalve molluscs: biology, ecology and culture*. Wiley-Blackwell.
- Govan, H. (1993) Participatory research in giant clam farming. *Naga, the ICLARM Quarterly*, 16, 8-10.
- Graneli, E., Codd, G., Dale, B., Lipiatou, E., Maestrini, S. Rosenthal, H. 1999. *EUROHAB science initiative, Harmful algal blooms in European maritime and brackish waters, report of an international workshop organised jointly by the MAST Programme of the European Commission, DG XII, NUTEK (Swedish national board for industrial and technical development) and the University of Kalmar, Department of Marine sciences, Kalmar, Sweden, November 5-7, 1998 (otsene allikas Ackefors 2000)*.
- Gren, I. M., Lindahl, O. Lindqvist, M. (2009) Values of mussel farming for combating eutrophication: an application to the Baltic Sea. *Ecological Engineering*, 35, 935-945.
- Haamer, J. (1996) Improving water quality in a eutrophied fjord system with mussel farming. *Ambio*, 356-362.
- Hardy, D. 2008. *Scallop farming*. Wiley-Blackwell.
- Harvell, C., Kim, K., Burkholder, J., Colwell, R., Epstein, P. R., Grimes, D., Hofmann, E., Lipp, E., Osterhaus, A. Overstreet, R. M. (1999) Emerging marine diseases--climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285, 1505-1510.
- Howes, S., Herbinger, C., Darnell, P. Vercaemer, B. (2007) Spatial and temporal patterns of recruitment of the tunicate *Ciona intestinalis* on a mussel farm in Nova Scotia, Canada. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 342, 85-92.
- Jones, T. L. Richman, J. R. (1995) On mussels: *Mytilus californianus* as a prehistoric resource. *North American Archaeologist*, 16, 33-58.
- Jones, T. O. Iwama, G. K. (1991) Polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquaculture*, 92, 313-322.

- Jonsson, P. R. And , C. (1992) Mass mortality of the bivalve *Cerastoderma edule* on the Swedish west coast caused by infestation with the digenean trematode *Cercaria cerastodermae* I. *Ophelia*, 36, 151-157.
- Joye, S. B. Hollibaugh, J. T. (1995) Influence of sulfide inhibition of nitrification on nitrogen regeneration in sediments. *Science*, 270, 623-625.
- J rvek lg, A. Veldre, I. 1963. *Elu Läänemeres*. Eesti Riiklik Kirjastus.
- J nsson, L., Wall, H. Tauson, R. (2011) Production and egg quality in layers fed organic diets with mussel meal. *animal*, 5, 387-393.
- Kotta, J. Ojaveer, H. (2012) Rapid establishment of the alien crab *Rhithropanopeus harrisii* (Gould) in the Gulf of Riga. *Estonian Journal of Ecology*, 61, 293 298.
- Kotta, J., Orav-Kotta, H. Vuorinen, I. (2005) Field Measurements on the Variability in Biodeposition and Estimates of Grazing Pressure of Suspension-Feeding Bivalves in the Northern Baltic Sea. *The comparative roles of suspension-feeders in ecosystems*, 11-29.
- Kreeger, D. A. Newell, R. I. (2001) Seasonal utilization of different seston carbon sources by the ribbed mussel, *Geukensia demissa* (Dillwyn) in a mid-Atlantic salt marsh. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 260, 71-91.
- Lejart, M., Clavier, J., Chauvaud, L. Hily, C. (2012) Respiration and calcification of *Crassostrea gigas*: contribution of an intertidal invasive species to coastal ecosystem CO2 fluxes. *Estuaries and coasts*, 35, 622-632.
- Lindahl, O. (2011) Mussel Farming as a Tool for Re-Eutrophication of Coastal Waters: Experiences from Sweden. *Shellfish Aquaculture and the Environment*, 217-237.
- Lindahl, O. (2012a) Mussel farming as an environmental measure in the Baltic. *Final report. BalticSea2020. Stockholm*.

- Lindahl, O. (2012b) Perspectives for mussel farming in the Baltic Sea Region – with focus on feed mussels. *Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*, 10-11.
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L. O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A. S., Svensson, J., Svensson, S. Syversen, U. (2005) Improving marine water quality by mussel farming: a profitable solution for Swedish society. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34, 131-138.
- Lindahl, O. Kollberg, S. 2009. Can the EU agri-environmental aid program be extended into the coastal zone to combat eutrophication? In *Eutrophication in Coastal Ecosystems: Towards Better Understanding and Management Strategies: Selected Papers from the Second International Symposium on Research and Management of Eutrophication in Coastal Ecosystems, 20-23 June 2006, Nyborg, Denmark*, 59. Springer.
- Lindahl, O. K., Sven (2008) How mussels can improve coastal water quality. *Bioscience explained*, 5.
- Loo, L.-O. Rosenberg, R. (1983) *Mytilus edulis* culture: Growth and production in western Sweden. *Aquaculture*, 35, 137-150.
- Lowe, R. L. Pillsbury, R. W. (1995) Shifts in Benthic Algal Community Structure and Function Following the Appearance of Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*) in Saginaw Bay, Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 558-566.
- MacIsaac, H. J., Johannsson, O. E., Ye, J., Sprules, W. G., Leach, J., McCorquodale, J. Grigorovich, I. A. (1999) Filtering impacts of an introduced bivalve (*Dreissena polymorpha*) in a shallow lake: application of a hydrodynamic model. *Ecosystems*, 2, 338-350.
- Magic, T. P., Brickey, S., Kurland, S., Miller, M., Monkman, T. Roemeling, E. (2012) Comprehensive Management of the Wild Commercial Harvest and Mariculture of Geoduck Clams (*Panopea generosa*) in Southeast Alaska.
- Misra, G. Mukhopadhyay, P. (2008) Mussel farming: alternate water monitoring practice. *Aquacult Asia*, 13, 32-34.

- Morse, D. Rice, M. A. (2010) Mussel Aquaculture in the Northeast.
- Murchie, L. W., Cruz-Romero, M., Kerry, J. P., Linton, M., Patterson, M. F., Smiddy, M. Kelly, A. L. (2005) High pressure processing of shellfish: a review of microbiological and other quality aspects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6, 257-270.
- Murray, L., Newell, C. Seed, R. (2007) Changes in the biodiversity of mussel assemblages induced by two methods of cultivation. *Journal of Shellfish Research*, 26, 153-162.
- Navarrete-Mier, F., Sanz-Lázaro, C. Marín, A. (2010) Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? *Aquaculture*, 306, 101-107.
- Neori, A., Chopin, T., Troell, M., Buschmann, A. H., Kraemer, G. P., Halling, C., Shpigel, M. Yarish, C. (2004) Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*, 231, 361-391.
- Newell, R. I. (2004) Ecosystem influences of natural and cultivated populations of suspension-feeding bivalve molluscs: a review. *Journal of Shellfish Research*, 23, 51-62.
- Nixon, S. W. (1995) Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns. *Ophelia*, 41, 199-219.
- Officer, C., Smayda, T. Mann, R. (1982) Benthic filter feeding: a natural eutrophication control. *Marine Ecology Progress Series*, 9, 203-210.
- Ojaveer, H., Gollasch, S., Jaanus, A., Kotta, J., Laine, A. O., Minde, A., Normant, M. Panov, V. E. (2007) Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* in the Baltic Sea—a supply-side invader? *Biological invasions*, 9, 409-418.
- Oliveira, J., Cunha, A., Castilho, F., Romalde, J. Pereira, M. (2011) Microbial contamination and purification of bivalve shellfish: Crucial aspects in monitoring and future perspectives—A mini-review. *Food Control*, 22, 805-816.

- Paillard, C., Allam, B. Oubella, R. (2004a) Effect of temperature on defense parameters in Manila clam *Ruditapes philippinarum* challenged with *Vibrio tapetis*. *Diseases of aquatic organisms*, 59, 249-262.
- Paillard, C., Le Roux, F. Borrego, J. J. (2004b) Bacterial disease in marine bivalves, a review of recent studies: trends and evolution. *Aquatic Living Resources*, 17, 477-498.
- Peharda, M., Župan, I., Bavčević, L., Frankić, A. Klanjšček, T. (2007) Growth and condition index of mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. *Aquaculture Research*, 38, 1714-1720.
- Pellizzato, M. Da Ros, L. (2005) Clam farming quality as a management tool: a proposal based on recent studies in Northern Adriatic lagoons. *Aquaculture International*, 13, 57-66.
- Petersen, J. K., Maar, M. Holmer, M. 2010. *Muslinger som virkemiddel: et pilotstudie*. By-og Landskabsstyrelsen.
- Petersen, J. K., Timmermann, K., Carlsson, M., Holmer, M., Maar, M. Lindahl, O. (2012) Mussel farming can be used as a mitigation tool--a reply. *Marine pollution bulletin*, 64, 452.
- Piper, R. 2007. *Extraordinary Animals: An Encyclopedia of Curious and Unusual Animals*. Greenwood Publishing Group.
- Plazzi, F. Passamonti, M. (2010) Towards a molecular phylogeny of Mollusks: Bivalves' early evolution as revealed by mitochondrial genes. *Molecular phylogenetics and evolution*, 57, 641-657.
- Power, U. F. Collins, J. K. (1990) Tissue distribution of a coliphage and *Escherichia coli* in mussels after contamination and depuration. *Applied and environmental microbiology*, 56, 803-807.
- Quayle, D. Newkirk, G. 1989. *Farming bivalve molluscs: methods for study and development*. world aquaculture society Baton Rouge, LA.

- Riginos, C., Sukhdeo, K. Cunningham, C. W. (2002) Evidence for selection at multiple allozyme loci across a mussel hybrid zone. *Molecular Biology and Evolution*, 19, 347-351.
- Rodolfo-Metalpa, R., Houlbrèque, F., Tambutté, É., Boisson, F., Baggini, C., Patti, F. P., Jeffree, R., Fine, M., Foggo, A. Gattuso, J. (2011) Coral and mollusc resistance to ocean acidification adversely affected by warming. *Nature Climate Change*, 1, 308-312.
- Rudinskaya, L. Gusev, A. (2012) Invasion of the North American wedge clam *Rangia cuneata* (GB Sowerby I, 1831)(Bivalvia: Mactridae) in the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. *Russian Journal of Biological Invasions*, 3, 220-229.
- Sabine, C. L., Feely, R. A., Gruber, N., Key, R. M., Lee, K., Bullister, J. L., Wanninkhof, R., Wong, C., Wallace, D. W. Tilbrook, B. (2004) The oceanic sink for anthropogenic CO₂. *Science*, 305, 367-371.
- Savchuk, O. P. Wulff, F. (2009) Long-term modeling of large-scale nutrient cycles in the entire Baltic Sea. *Eutrophication in Coastal Ecosystems*, 209-224.
- Schernewski, G., Stybel, N. Neumann, T. (2012) Zebra Mussel Farming in the Szczecin(Oder) Lagoon: Water-Quality Objectives and Cost-Effectiveness. *Ecology and Society*, 17, 4.
- Shulkin, V., Presley, B. Kavun, V. I. (2003) Metal concentrations in mussel *Crenomytilus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediments. *Environment international*, 29, 493-502.
- Smaal, A. (1991) The ecology and cultivation of mussels: new advances. *Aquaculture*, 94, 245-261.
- Smaal, A. (2002) European mussel cultivation along the Atlantic coast: production status, problems and perspectives. *Hydrobiologia*, 484, 89-98.
- Southgate, P. Lucas, J. 2011. *The pearl oyster*. Elsevier Science.

- Spångberg, J., Tidåker, P. Jönsson, H. (2013) Bringing nutrients from sea to land—mussels as fertiliser from a life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*.
- Stenton-Dozey, J., Probyn, T. Busby, A. (2001) Impact of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) raft-culture on benthic macrofauna, in situ oxygen uptake, and nutrient fluxes in Saldanha Bay, South Africa. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 1021-1031.
- Sterner, H. (2005) Obtaining access to coastal areas for large-scale mussel farming: obstacles and possibilities. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34, 151-156.
- Stybel, N. (2012) Challenges for mussel cultivation in the Baltic Sea. *Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*.
- Stybel, N., Fenske, C. Schernewski, G. 2009. Mussel cultivation to improve water quality in the Szczecin Lagoon. In *Journal of Coastal Research, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium)*, S, 1459-1463.
- Zgud, I. W., Maciej (2012) Feasibility of coastal mussel *Mytilus trossulus* cultivation in the Gulf of Gdańsk with the aim of eco-remediation. *Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*.
- Žydelis, R., Esler, D., Kirk, M. Sean Boyd, W. (2009) Effects of off-bottom shellfish aquaculture on winter habitat use by molluscivorous sea ducks. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19, 34-42.
- Tampi, P., Selvaraj, V. Girijavallabhan, K. (1988) Open sea mussel farming and its practical aspects. *CMFRI Bulletin*, 42, 267-270.
- Vakily, J. 1989. *The biology and culture of mussels of the genus Perna*. The WorldFish Center.
- Wall, H., Jönsson, L. Johansson, L. (2010) Effects on egg quality traits of genotype and diets with mussel meal or wheat-distillers dried grains with solubles. *Poultry science*, 89, 745-751.

- van Deurs, M. (2012) Large-scale mussel farming: reducing cost and labour. *Sustainable Uses of Baltic Marine Resources*.
- Ware, J. R., Smith, S. V. Reaka-Kudla, M. L. (1992) Coral reefs: sources or sinks of atmospheric CO₂? *Coral reefs*, 11, 127-130.
- Wegeberg, A. M. Jensen, K. T. (2003) In situ growth of juvenile cockles, *Cerastoderma edule*, experimentally infected with larval trematodes (*Himasthla interrupta*). *Journal of Sea Research*, 50, 37-43.
- Verween, A., Kerckhof, F., Vincx, M. Degraer, S. (2006) First European record of the invasive brackish water clam *Rangia cuneata* (GB Sowerby I, 1831)(Mollusca: Bivalvia). *Aquatic Invasions*, 1, 198-203.
- Westerbom, M., Lappalainen, A. Mustonen, O. (2006) Invariant size selection of blue mussels by roach despite variable prey size distributions. *MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES*-, 328, 161.
- Widdows, J., Brinsley, M. D., Salkeld, P. N. Elliott, M. (1998) Use of annular flumes to determine the influence of current velocity and bivalves on material flux at the sediment-water interface. *Estuaries*, 21, 552-559.
- Öst, M. Kilpi, M. 1997. A recent change in size distribution of blue mussels (*Mytilus edulis*) in the western part of the Gulf of Finland. In *Annales Zoologici Fennici*, 31-36. Helsinki: Suomen Biologian Seura Vanamo.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Maria Rätsep (sünnikuupäev 21.12.1987)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Karpide (*Bivalvia*) kasvatamine ja karbikasvatuse kasutusvõimalused keskkonnakaitstes“, mille juhendajad on Velda Lauringson ja Tiia Möller,

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 17.05.2013